ISSN 0181-1576

CRYPTOGAMIE

ALGOLOGIE

TOME 13 Fascicule 2 1992

PUBLICATION TRIMESTRIELLE
AVEC LE CONCOURS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Mai 1992

CRYPTOGAMIE
Algologie

ANCIENNE REVUE ALGOLOGIQUE
Fondée par P. Allorge et G. Hamel en 1922

Directeur-Rédacteur: P. Bourrelly
Editeur: A.D.A.C. - 12 rue Buffon F-75005 Paris.

MANUSCRITS

Les manuscrits doivent être adressés (en 2 exemplaires) à la rédaction de Cryptogamie, Algologie. L'avis d'un lecteur au moins sera requis avant accord pour publication. Bien qu'étant une revue de langue française, les articles rédigés en anglais, allemand, italien et espagnol sont acceptés. Les disquettes de micro-ordinateur (IBM, IBM compatible, et MacIntosh) sont vivement souhaitées. Les recommandations aux auteurs sont publiées dans le fascicule 1 de chaque tome. Les auteurs recevront 25 tirés-à-part gratuits; les exemplaires supplémentaires seront à leur charge.

TARIFS DES ABONNEMENTS Tome 13, 1992

CRYPTOGAMIE comprend trois sections: Algologie, Bryologie-Lichénologie, Mycologie.

Pour une section:	France: (326 F ht) 332,85 F ttc -	Étranger: 357,00 F
Pour les 3 sections:	France: (918 F ht) 937,28 F ttc -	Étranger: 1000,00 F

Paiement par chèque bancaire ou postal à l'ordre de:
A.D.A.C. - CRYPTOGAMIE (CCP La Source 34 764 05 S),
adressé à: A.D.A.C. 12, rue Buffon, F-75005 Paris.

CRYPTOGAMIE, Algologie est indexé par *Aquatic Sciences Fisheries Abstracts Part 1, Biological Abstracts, Chemical Abstratcs, Current Contents, Marine Science Contents Tables (F.A.O.),* Publications bibliographiques du CNRS (Pascal).

CRYPTOGAMIE

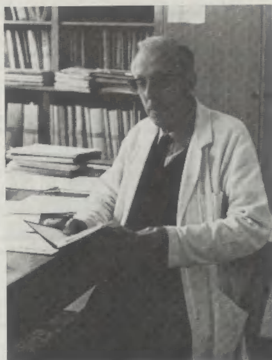
ALGOLOGIE

TOME 13 FASCICULE 2 1992

CONTENTS







In Memoriam

ALEXIS MOYSE (1912-1991)

Alexis Moyse nous a quittés le 18 décembre 1991, laissant dans la communauté scientifique française en général, et au sein de notre petite communauté d'algologues en particulier, un grand vide.

J'ai bien connu Monsieur le Professeur Moyse avec qui j'ai eu mes premiers contacts autour des années 1960 et c'est donc avec une certaine émotion que je vais essayer de rappeler devant vous, membres de la Société Phycologique de France, les grands traits d'un des membres éminents de la communauté scientifique française en Biologie végétale (Biologie avec un grand B reflétant ainsi le vaste domaine de ses compétences); j'essaierai de souligner

plus particulièrement le vif intérêt qu'il a toujours su porter aux activités scientifiques des algologues.

Né en 1912, Agrégé de l'Université, il commence une carrière scientifique à l'aube de la dernière guerre mondiale: il est mobilisé en 1938 (il a 26 ans): lieutenant d'artillerie. Il est fait prisonnier et va ainsi passer des années de jeunesse en captivité dans la région de Linz en Moravie autrichienne. Il y poursuit, derrière les barbelés de l'Oflag XVII A, une activité pédagogique, délivrant avec d'autres universitaires (je pense aux professeurs Vivien de Strasbourg et Wolf du Collège de France) des diplômes qui seront validés ultérieurement.

Libéré en 1945, il entre au CNRS et va y passer 10 ans y gravissant les différents échelons... d'attaché à Directeur.

Sa thèse, qu'il entreprend sous la direction du Professeur Plantefol, va porter sur l'étude de la respiration des feuilles, en particulier dans ses relations avec le métabolisme azoté.

Peu de temps après (1953) il crée, à Gif-sur-Yvette, le Laboratoire de Photosynthèse du CNRS: 3 ans plus tard (1956) il entre dans l'enseignement supérieur. C'est là le début d'une carrière, à la double, ou triple finalité, scientifique, pédagogique, et... administrative, au cours de laquelle il va initier, diriger, orienter, conseiller un grand nombre de jeunes chercheurs, tant à l'intérieur de son laboratoire qu'à l'extérieur. L'axe photosynthétique de ses recherches est peut-être le point de départ des orientations de recherche qu'il a su susciter en "algologie" (ou mieux dans le domaine de la physiologie des Algues).

Il initie des recherches:

- sur la croissance et sur le métabolisme d'Algues unicellulaires (*Chlorella, Rhodosorus, Porphyridium*), étudiant l'efficacité des phycobiliprotéines, les transferts d'énergie vers la chl *a*, l'effet des différentes radiations lumineuses, les adaptations à la lumière dans ses relations avec de faibles éclairements. A ces axes de recherche on trouvera associé le nom de J.C. Leclerc, aujourd'hui Professeur à Saint-Etienne:

- sur les Cyanobactéries des eaux thermales (*Oscillatoria subbrevis* ou *Aphanocapsa thermalis*, toutes deux capables d'être encore photosynthétiquement actives à 48° ou 60°C respectivement). Il montre que les températures élevées dépriment les transferts d'énergie de la phycocyanine, pigment protéique bleu, à la chl *a*. Il montre aussi avec D. Guyon que les variations de fluorescence des pigments traduisent en fait des modifications dans les rapports structuraux:

- sur des Algues vivant sur des milieux très carbonatés (Spirulines) ceci en liaison avec l'Institut français du pétrole.

Avec l'introduction de la microscopie électronique à Orsay, s'est ouverte une période où il étudiera avec ses élèves (je pense en particulier à G. Giraud, Professeur à l'Ecole Normale Supérieure) le développement structural des chloroplastes *in situ* et la structure fine des membranes chloroplastiques. Chez la Spiruline, il précisera, en utilisant la technique des répliques obtenues en cryodécapage, les relations structurales entre les pigments protéiques, groupés en corpuscules extra-membranaires (phycobilisomes) et les membranes chlorophyliennes (collaboration avec E. Guérin-Dumartrait).

Avec Rémy, il précisera l'organisation des éléments constitutifs des membranes du Photosystème I des chloroplastes dans le genre *Chlorella*.

Tout ceci s'intègre bien dans un plus vaste programme scientifique qui porte sur l'étude du métabolisme photosynthétique des végétaux supérieurs ou inférieurs.

Par sa prise de responsabilité au niveau de la Commission "Biologie et Physiologie végétales" du CNRS durant 4 mandats, de 1957 à 1974 (dont un mandat en tant que président de cette commission), et par sa compétence, il appuiera les activités d'un certain nombre d'équipes de chercheurs allant de Marseille (avec le groupe Berland, Bonin, Maestrini) à Roscoff où il compte de nombreux amis (J. Cabioch, B. Kloareg, G. Levavasseur), en passant par l'Université catholique d'Angers où il conseillera et orientera les travaux de Madame de Lestang sur le rôle des groupements SO_3^- des fucoïdanes chez les Phaeophycées, en passant par l'Université de Poitiers où il s'intéressera aux travaux du Professeur Daste, en passant par Nantes avec J.M. Robert, à qui il apportera soutien, encouragements et moyens dans la poursuite de ses travaux sur la Navicule; en passant aussi par Brest, s'intéressant de près aux travaux que nous menions sur la nutrition minérale et sur le transport à longue distance chez les grandes Algues. A cet égard nous garderons de lui des souvenirs très spécifiques où après des journées de travail dans le cadre des RCP que nous partagions avec le Professeur Bonnemain, il savait donner l'image d'un homme plein d'humour et celle aussi d'un excellent conteur que nous ne soupçonnions pas auparavant.

Sa sensibilité pour tout ce qui touchait au monde des Algues, il va l'exprimer, au cours de sa carrière, de différentes manières:

- dans sa participation active au sein du D.E.A. d'Algologie (Paris VI, Orsay, le Muséum d'Histoire Naturelle);

- par une participation active à la vie de la Société Phycologique de France: n'était-il pas présent parmi nous lors des journées de décembre 1990 où il présida d'ailleurs l'une de ces journées?

- ne l'a-t-il pas exprimé aussi, en tant que médiateur pour assurer à la France l'organisation du XIVème Symposium sur les Algues marines, Brest-Saint-Mâlo, août 1992 ?

- ne l'a-t-il pas exprimé aussi en accordant dans la Revue *Physiologie végétale* (dont il fut l'un ou le membre créateur) une place importante aux articles portant sur la physiologie des Algues ?

- ne l'a-t-il pas exprimé encore en acceptant, chaque fois qu'on le sollicitait, de participer, d'une manière active, aux jurys de thèse dont les travaux portaient sur l'étude des Algues ?

- ne l'a-t-il pas exprimé aussi en acceptant de participer aux réunions de comités de Direction des laboratoires Arago de Banyuls ou de la Station Biologique de Roscoff en tant que représentant de la section Biologie végétale du CNRS ?

- ne l'a-t-il pas manifesté enfin en venant, chaque année, chargé d'une lourde serviette bourrée de documents, passer une semaine à la Station de Roscoff. Là il savait aussi s'intéresser à d'autres domaines de la Biologie marine qu'à celui seul de la Biologie végétale. Au cours de longues promenades à pied (autour de l'île de Batz) il savait revivifier son esprit pour faire face aux nombreuses charges qui étaient les siennes.

Monsieur Moyse laissera de lui le souvenir d'un homme simple, proche de la nature qu'il rejoignait dans ses promenades de bord de mer ou à la mon-

tagne, curieux d'approcher les mécanismes intimes liés au fonctionnement de la cellule végétale; il laissera le souvenir d'un savant dévoué aux hommes et à la science.

Mon rôle n'est pas de rappeler toutes ses activités, tous les hommages qui lui furent rendus, de son vivant ou après sa mort; d'autres l'ont fait (voir Champigny M.L., 1992 - Alexis Moyse. *Plant. Physiol. Biochem.*). Actuellement l'Académie des Sciences essaie de perpétuer son souvenir en créant, à l'intention des jeunes chercheurs, un prix Alexis MOYSE.

Je terminerai en disant que sa signature, à laquelle il nous avait habitués au bas des analyses bibliographiques dans la revue de la Société française de Physiologie végétale (d'ouvrages en français, en anglais, en allemand), me manquera, nous manquera à tous.

M. Penot

MISE EN PLACE ET RENOUVELLEMENT DU POLYMÈRE RÉSISTANT PÉRIPHÉRIQUE DE *PROTOTHECA WICKERHAMII* (CHLOROCOCCALES, CHLOROPHYCEAE)

Georges GIRAUD[1] et Françoise PUEL[1][2]

(1) Laboratoire des biomembranes et surfaces cellulaires végétales, UA CNRS 311, ENS, 46 rue d'Ulm, 75231 Paris, France.
(2) Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Médecine de Créteil, 6 rue du général Sarrail, 94010 Créteil, France.

RÉSUMÉ - La partie la plus externe de la paroi de *Prototheca wickerhamii* Tubaki et Soneda est constituée d'une TLS, couche trilamellaire, caractéristique que l'on retrouve chez de nombreuses algues. Nous avons suivi, au cours du cycle cellulaire, la mise en place de cette couche. A un stade précoce de la formation des autospores on peut observer des arceaux ou des fragments de TLS juxtaposés et non encore soudés. Ces éléments prennent naissance dans des vésicules de type golgien. On les observe sous deux formes que l'on ne rencontre pas dans les mêmes cellules: les unes sont profondes et contiennent des segments lamellaires sinueux; les autres plus superficielles contiennent des segments rigides qui déforment les vésicules en leur donnant une forme en navette. Grâce à ces observations, on peut esquisser le cycle de formation et de mise en place de la paroi.

ABSTRACT - The outer component of the cell wall of *Prototheca wickerhamii* Tubaki et Soneda is a trilaminar sheath (TLS). This feature is commonly occurring in Chlorococcales. At an early stage of the autospores, curved trilaminar plaques appear in the cytoplasm. These elements born in Golgi vesicles. Two aspects of these vesicles can be observed, but never in the same cell: some are deep, they contain sinuous laminar segments; the other, more superficial, contain rigid segments: they distort vesicles which wear a characteristic elongated form. The cell wall elaboration is considered during the cellular cycle.

MOTS CLÉS : Chlorococcales, *Prototheca wickerhamii*, TLS (trilaminar sheath), élaboration de la paroi.

KEY WORDS : Chlorococcales, *Prototheca wickerhamii*, TLS (trilaminar sheath), cell wall elaboration.

INTRODUCTION

Prototheca wickerhamii Tubaki et Soneda est une algue cosmopolite habituellement saprophyte, mais parfois parasite de l'homme et de mammifères.

Ce parasite végétal d'origine algale est un sujet d'analyse intéressant, notamment en ce qui concerne la physiologie. L'étude cytologique assez difficile, étant donné la petite taille de ces individus, a apporté des renseignements concernant l'évolution du plaste, en fonction des modes de nutrition (Puel & Giraud, 1990), mais aussi celle de la paroi qui place cette espèce parmi les

Chlorococcales possédant une couche pariétale trilamellaire (TLS: trilaminar sheath) résistante aux traitements non oxydatifs (Puel *et al.*, 1987); celle-ci semble constituée d'unités terpéniques. Cette couche a été observée chez *Chlorella* par Atkinson *et al.*, en 1972 et retrouvée dans nombre d'espèces d'algues (Swift & Rensen, 1970; Burzyck *et al.*, 1971, 1981; Syrett & Thomas, 1973; Hegewald & Schnepf, 1974; Pickett-Heaps & Staelin, 1975; Good & Chapman, 1978; Dempsey *et al.*, 1980; Köning & Peveling, 1980, 1984; Honneger & Brunner, 1981; Berkaloff *et al.*, 1983; Brunner & Honneger, 1985; Corolleur *et al.*, 1989). Ce caractère est observé non seulement dans les parois des spores et des cystes mais aussi dans les formes végétatives tout au long du cycle.

On admettait avant 1983 que les parois de ces algues contenaient un matériel "sporopollénin-like" (Shaw & Yeadon, 1966; Shaw, 1971). Les sporopollénines sont des biopolymères extrêmement résistants présents dans l'exine des spores et des pollens des plantes vasculaires; on pensait qu'ils dérivaient de la polymérisation oxydative de caroténoïdes (Brooks & Shaw, 1968; Shaw & Yeadon, 1966; Shaw, 1971; Achari *et al.*, 1973; Gooday *et al.*, 1973, 1974).

Les études faites par Berkaloff *et al.* (1984) ont démontré que le polymère résistant de la paroi de *Botryococcus braunii* Kützing (PRB) diffère fondamentalement des sporopollénines: il est composé de longues chaînes hydrocarbonées non ramifiées et saturées et ne peut donc pas dériver de caroténoïdes. On désigne actuellement ces polymères sous le terme d'alguanes. Cette couche résistante, chez les Chlorococcales, forme une enveloppe que l'on retrouve dans les kérogènes (Largeau *et al.*, 1989; Derenne *et al.*, 1991) allant de l'Infracambrien au Miocène. Elle doit donc jouer un rôle important dans le mode de vie des algues qui en possèdent.

L'étude de la paroi de *Prototheca wickerhamii* a montré qu'elle est constituée de deux couches: une externe trilamellaire d'épaisseur invariable (15 nm) et une zone interne dont l'importance varie beaucoup selon l'âge des cellules et la nature des substrats utilisés (Puel & Giraud, 1982); il s'agit de la partie polysaccharidique habituelle chez les algues. Nous avons étudié par ailleurs, après isolement de la couche externe, un polymère résistant (PRP) d'un type différent de celui du PRB (Puel *et al.*, 1987) probablement constitué d'unités terpéniques autres que des caroténoïdes. Cette TLS forme autour des cellules une structure rigide, peut être difficile à remanier par la cellule une fois qu'elle est formée.

Des observations de *Prototheca wickerhamii* en culture nous ont permis de préciser la mise en place de ce polymère résistant. Il est intéressant de connaître son origine dans la cellule et de fixer au cours du cycle cellulaire les étapes de son apparition en comparaison notamment avec celles de la paroi polysaccharidique proprement dite.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les deux souches de *Prototheca wickerhamii* qui ont servi à cette étude proviennent de la collection de l'Institut Pasteur de Paris. Elles sont entretenues depuis de nombreuses années sur milieu de Sabouraud solide additionné de chloramphénicol, à l'obscurité, à température de la pièce, elles sont repiquées tous les huit jours.

Les résultats suivants ont été obtenus sur des cultures faites sur milieu liquide d'Anderson (Patni & Aaronson, 1974) ou de Sabouraud pendant des

temps variables (la durée moyenne d'un cycle cellulaire est de une journée). La préparation des cellules pour l'observation en microscopie électronique a déjà été décrite (Puel & Giraud, 1982) et les microphotographies ont été prises à l'aide d'un microscope électronique Philips 400.

RÉSULTATS

La formation de la paroi polysaccharidique est bien connue chez les algues vertes unicellulaires. Les vésicules golgiennes nombreuses pendant la cytodiérèse fournissent le matériel pariétal. Chez *Prototheca* la cellulose est présente en faible quantité dans la paroi. L'analyse de la partie polysaccharidique et de ses variations est publiée par ailleurs. La TLS semble s'organiser par étapes indépendantes du processus précédent. Elle ne forme pas toujours une pellicule sphérique lisse et la paroi des autospores est souvent plissée (Fig. 1). Nous avons observé précédemment des excroissances diverses et nombreuses à sa surface (Puel & Giraud, 1984). Certaines ont un aspect de doublements localisés ou de gonflements refermés sur eux-mêmes (Fig. 2). Ces figures anormales sont produites vraisemblablement par des disfonctionnements de la mise en place de la TLS.

Les étapes de la formation de la paroi peuvent être suivies au cours du cycle de l'algue. Nous observerons les divers aspects de cette formation en regardant les stades, de plus en plus précoces, où apparaissent des fragments de TLS. Avant la division cellulaire on observe déjà de nombreux fragments de la future TLS, parfois encore repliés, qui s'accumulent dans le périplasme (Fig. 3, 4,5). Ces portions de la couche trilamellaire vont se placer progressivement bout à bout de telle sorte que la nouvelle TLS est déjà visible lors de la formation des autospores. La cellule mère est encore entourée de sa TLS alors que les cellules filles ont déjà, dès leur isolement, développé une couche de même nature parfois très plissée (Fig. 6). Dans ce cas on peut voir entre deux cellules filles des arceaux de TLS juxtaposés et apparemment non encore soudés (Fig. 7). On peut rechercher dans le cytoplasme de l'algue des stades antérieurs de la formation de ces fragments. L'origine de ceux-ci se trouve dans un système de vésicules qui apparaissent dans le cytoplasme. En effet on observe de grandes vésicules avec deux types de contenu. Ces deux aspects ne se rencontrent pas dans une même cellule. Les vésicules les plus facilement identifiables contiennent des fragments de TLS repliés relativement longs, mais dont la rigidité produit une ten-

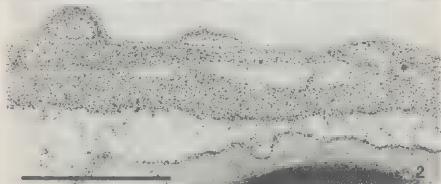
---

Fig. 1 à 11: *Prototheca wickerhamii*. - Fixation glutaraldéhyde, tétroxyde d'osmium, acétate d'uranyle. Contraste acétate d'uranyl, plomb.

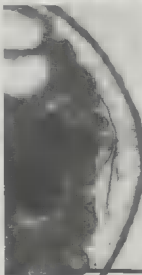
Fig. 1: Les digitations limitées par la TLS sont nombreuses, elles contiennent une partie de la couche polysaccharidique interne. Présence de systèmes lamellaires dans le périplasme (Echelle: 0,25 μm). Fig. 2: Aspect d'une paroi après réaction de P.A.T.-Ag.; on remarque des anomalies sous forme de doublements localisés de la TLS (Echelle: 0,25 μm). Fig. 3: Des portions de TLS sortent du cytoplasme et vont s'intégrer à la paroi en formation. (Echelle: 1 μm). Fig. 4 et 5: Des fragments de TLS d'aspects variables traversent le périplasme. (Echelle: 1μm).

Fig. 6: La paroi des autospores, situées à l'intérieur de la cellule mère, est déjà très plissée. C'est le signe d'une synthèse precoce de la TLS. Fig. 7: Des segments arqués non soudés prennent place autour des jeunes autospores (flèches). (Fig. 6 et 7, échelle: 1 μm).

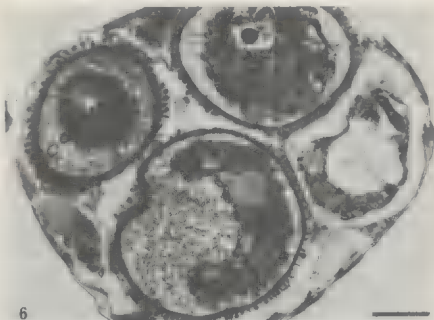



2






5


6


7


8







sion sur l'enveloppe qui prend une forme en navette. Ces vésicules sont observées en bordure du plasmalemme et on peut les voir déverser leur contenu dans le périplasme (Fig. 8, 9, 10). Dans d'autres cas des vésicules souvent plus profondes contiennent des segments lamellaires sinueux courts qui rentrent en contact avec des globules de substance amorphe (Fig. 11). Ces vésicules n'ont jamais été observées en contact avec le plasmalemme et ne semblent pas déverser leur contenu dans l'espace périplasmique.

La partie polysaccharidique de la paroi s'élabore plus tardivement que cette TLS, dont les éléments sont construits pendant l'interphase cellulaire. Elle s'épaissit progressivement au cours de la vie de l'algue, puis disparaît pendant la formation des autospores. A la fin du cycle la paroi de la cellule mère n'est plus constituée que de la TLS, la partie polysaccharidique a été hydrolysée (Fig. 6). L'épaisseur de cette zone est variable selon le milieu de culture, relativement mince en milieu d'Anderson liquide elle peut s'épaissir sur des milieux solides tels que le milieu de Sabouraud ou en milieu dont l'apport carboné se fait sous forme d'acétate.

DISCUSSION

Les plaques pericellulaires de nombreuses algues comme par exemple les plaques calcifiées des coccolithophoridées sont d'origine golgienne. Atkinson *et al.*, en 1972, ont étudié la formation de la paroi des Chlorococcales en particulier de *Chlorella fusca*, ils constatent que du matériel granulaire s'élabore dans des vésicules qui se déversent autour des autospores. Ils décrivent également des arcs de TLS placés côte à côte qui doivent se souder par la suite (l'apparition de ces arcs n'est pas décrite).

L'observation de plaques trilamellaires dans le périplasme montre que celles-ci vont également pouvoir se souder bout à bout et englober les autospores. Ce processus est illustré par les nombreuses anomalies que présente cette couche périphérique. Les formations anormales telles que doubles enveloppes ou protubérances refermées à leur base semblent être le résultat de soudures multiples de fragments de plaques sur d'autres préexistantes.

Les autospores se recouvrent de la nouvelle TLS alors qu'elles ne sont pas libérées. A ce stade la TLS mère n'est pas résorbée, seule la paroi polysaccharidique s'est lysée. La libération des spores se fait par déchirement de l'enveloppe qui se retrouve dans les culots de centrifugation.

Dans certaines cultures âgées de *Botryococcus braunii* quelques TLS semblent réticulées, évoquant un phénomène de fusion entre trois ou quatre fragments (Berkaloff *et al.*, 1984).

La paroi des autospores assez souvent plissée donne, en coupe, un aspect hérissé. On peut penser que cet aspect rencontré fréquemment, mais non constamment, permet une augmentation de volume de l'autospore rapide sans nouvelle synthèse de TLS. A ce stade la paroi polysaccharidique forme une couche bien visible sous celle-ci.

Fig. 8, 9, 11: Des fragments de TLS rigides sont visibles dans des vésicules fortement déformées par leur presence. Ces vésicules déversent leur contenu dans le périplasme (Echelle: 1 μm). Fig. 10: Profils sinueux de TLS au contact de substance amorphe dans des vésicules profondes du cytoplasme (Echelle: 1 μm).

Les synthèses et les remaniements de la partie polysaccharidique sont suffisamment modulables pour s'adapter à la croissance rapide de l'algue, il n'en est peut-être pas de même de la TLS. Un processus d'accroissement de celle-ci ne peut se faire que par cassure et adjonction de nouveaux fragments ce qui n'a pas été observé. La formation des plaques trilamellaires semble très nettement golgienne. Les vésicules remplies de profils de TLS sont bien visibles à la périphérie cellulaire. Leur libération dans le périplasme, toujours assez important, est très nettement suggérée par plusieurs clichés. L'aspect plus particulier de vésicules contenant des profils souples et sinueux est plus difficile à interpréter; cet aspect est fréquent, il arrive souvent alors qu'une portion de ces vésicules apparaisse amorphe. Cette substance ne réagit pas aux réactifs des polysaccharides ou aux digestions protéasiques, il semblerait plutôt qu'il s'agisse de substances lipidiques. Les jonctions entre les profils de TLS et ces amas amorphes sont nombreuses.

Ces images suggèrent qu'il peut y avoir une synthèse de fragments trilamellaires à partir d'une substance amorphe lipidique.

Sur les microphotographies publiées par Berkaloff *et al.* (1984), on observe des TLS plus ou moins réticulées qui contiennent des substances hydrocarbonées. Il pourrait exister, dans ce cas également, des possibilités de synthèse de TLS à partir de ces substances de réserves. Des études par isolement des vésicules permettraient de préciser ces données.

On peut conclure que la paroi de ces algues, composée de deux éléments bien distincts, se forme également dans des moments différents du cycle cellulaire. Si la TLS se prépare dans des vésicules, peut-être spécialisées, de la cellule-mère, la couche interne n'est secrétée que dans les cellules-filles. Seule la mise en place définitive de la TLS réalisée par soudure des éléments préexistants de grande taille s'opère pendant et après la cytodiérèse. Les remaniements visibles sur la partie polysaccharidique sont par contre indécelables dans la TLS soit au moment de la croissance, soit pendant la division des autospores.

BIBLIOGRAPHIE

ACHARI R.G., SHAW G. & HOLLYHEAD R., 1973 - Identification of ionenes and other carotenoid degradation products from the pyrolysis of sporopollenins derived from some pollen exines, a spore coal and the Green River shale. *Chem. Geol.* 12: 229-233.

ATKINSON A.W., GUNNING B.E.S. & JOHN P.C.L., 1972 - Sporopollenin in the cell wall of chlorella and other algae: ultrastructure, chemistry and incorporation of 14C Acetate, studied in synchronous cultures. *Planta (Berl)* 107, 1-32.

BERKALOFF C., CASADEVALL E., LARGEAU C., METZGER P.S., PERACCA S. & VIRLET J., 1984 - The resistant polymer of the walls of the hydrocarbon rich alga *Botryococcus braunii*. *Phytochemistry*. 2: 389-397.

BROOKS J. & SHAW G., 1968 - The post tetrad ontogeny of the pollen wall and the chemical structure of the sporopollenine of *Lilium henryi*. *Grana Palynol.* 8: 2-3.

BRUNNER U. & HONNEGER R., 1985 - Chemical and ultrastructural studies on the distribution of sporollenin-like bio-polymers in six genera of lichen phycobionts. *Canad. J. Bot.* 63: 2221-2230.

BURZYCK J., GRZYBEK H., BANAS J. & BANAS E., 1971 - Studies on the ultrastructure of the cell walls of *Scenedesmus Acta. Med. Pol.* 12: 143-146.

BURZYCK J. & HESSE M., 1981 - The ultrastructure of the outer cell-wall layer of *Chlorella* mutants with and without sporopollenine. *Plant. Syst. Evol.* 138: 121-137.

COROLLEUR M., LARGEAU C., PUEL F. & GIRAUD G., 1989 - Resistant biopolymers in Chlorococcales walls: Ultrastructural and biochemical features. Colloque Franco-Suisse. Grenoble. *Biol. of the Cell.* 3: 19a.

DEMPSEY G.P., LAWRENCE D. & CASSIE V., 1980 - The ultrastructure of *Chlorella minutissima* Fott et Novakova (Chlorophyceae, Chlorococcales). *Phycologia* 19: 13-19.

DERENNE S., LARGEAU C., CASADEVALL E., BERKALOFF C. & ROUSSAU B., 1991 - Chemical evidence of kerogen formation in source rock and oil shales via selective preservation of thin resistant outer walls of microalgae: origin of ultralaminae. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55: 1041-1050.

GOOD B.H. & CHAPMAN R.L., 1978 - The ultrastructure of *Phycoleptis* (Chroolepidaceae Chlorophyta) I - Sporopollenin in the cell walls. *Amer. J. Bot.* 65 (1): 27-33.

GOODAY G.W., FAWCETT P., GREEN D. & SHAW G., 1973 - The formation of fungal sporopollenin in the zygospore wall of *Mucor mucedo*: a role for the sexual carotenogenesis in the Mucorales. *J. Gen. Microbiol.* 74: 233-239.

GOODAY G.W., GREEN D., FAWCETT P. & SHAW G., 1974 - Sporopollenine formation in the ascospore wall of *Neurospora crassa*. *Arch. Hydrobiol.* 46 (supl.) 151-162.

HONNEGER R. & BRUNNER U., 1981 - Sporopollenin in the cell walls of *Coccomyxa* and *Myrmecia* phycobionts of various lichens: an ultrastructural and chemical investigation. *Canad. J. Bot.*, 59: 2713-2734.

KÖNIG J. & PEVELING E., 1980 - Sporopollenin in the cell wall of the phycobiont *Trebouxia*. *Z. Pflanzenphysiol. Bot.* 98. S., 459-464.

KÖNIG J. & PEVELING E., 1984 - Cell walls of the phycobionts *Trebouxia* and *Pseudotrebouxia* constituents and their localization. *Lichenologist* 16: 129-144.

LARGEAU C., DERENNE S., CASADEVALL E., BERKALOFF C., COROLLEUR M., LUGARDON B., RAYNAUD J.F. & CONNAN J., 1989 - Occurrence and origin of "ultralaminar" structures in "amorphous" kerogens of various source rocks and oil shales. *Advances in Org. Geochem.*, 16: 889-895.

PAINI N.J. & AARONSON S., 1974 - The nutrition, resistance to antibiotics and ultrastructure of *P. wickerhamii*. *J. Gen. Microbiol.* 83: 179-182.

PICKETT-HEAPS J.D. & STAELIN L.A., 1975 - The ultrastructure of *Scenedesmus* (Chlorophyceae). II Cell division and colony formation. *J. Phycol.* 11: 185-202.

PUEL F. & GIRAUD G., 1982 - Etude ultrastructurale de *Prototheca wickerhamii* (Tubaki et Soneda 1959). Variations observées au cours du cycle cellulaire. *Ann. Sci. Nat. Bot.* Paris. 4: 15-26.

PUEL F. & GIRAUD G., 1984 - Origine et variations des formations pariétales de *Prototheca wickerhamii*. *Ann. Sci. Nat. Bot. Paris* 6: 61-73.

PUEL F., LARGEAU C. & GIRAUD G., 1987 - Occurrence of a resistant biopolymer in the outer walls of the parasitic alga *Prototheca wickerhamii* (Tubaki et Soneda) (Chlorococcales). *J. Phycol.* 23: 649-656.

PUEL F. & GIRAUD G., 1990 - Variations of the ultrastructure of *Prototheca wickerhamii* (Chlorococcales, Chlorophyceae) plastid according to the carbon nutrition. *Cryptogamie, Algol.* 4: 241-248.

SHAW G. & YEADON A., 1966 - Chemical studies on the constitution of some pollen and spore membranes. *J. Chem. Soc.* (C) 16: 22.

SHAW G., 1971 - The chemistry of sporopollenin, *In* BROOKS J., GRANT P., MUIR M.D., SHAW G. & van GIJZEL P. (Eds), *Sporopollenin, Academic Press*, London, 305-350.

SWIFT E. & RENSEN C.C., 1970 - The cell wall of *Pyrrocystis sp.* (Dinococcales). *J. Phycol.* 6: 79-86.

SYRETT R.J. & THOMAS E.M., 1973 - The assay of nitrate reductase in whole cells of *Chlorella*: strain differences and the effect of cell walls. *New Phytol.* 72: 1307.

MORPHOLOGICAL AND TAXONOMICAL ASSESSMENT OF FORMER AND PRESENT RECORDS OF *PACHYCLADELLA UMBRINA* AND *P. ZATORIENSIS* (GREEN ALGA, CHLOROCOCCALES)

Olivier L. REYMOND[1], Takaaki YAMAGISHI[2] and Jean-Claude DRUART[3]

(1) Conservation de la faune, Laboratoire d'hydrobiologie. Ch. du Marquisat 1, CH-1025 St.-Sulpice, Switzerland.
(2) Nihon University, College of agriculture and veterinary medicine, 1866, Kameino, Fujisawa-shi, Kanagawa-ken, 252 Japan.
(3) Institut de Limnologie, Station d'Hydrobiologie lacustre (INRA), 75 av. de Corzent, B.P. 511, F-74203 Thonon Cedex, France.

ABSTRACT - The original description of the genus *Pachycladella* (G.M. Smith) Silva and its type-species *P. umbrina* (G.M. Smith) Silva by G.M. Smith (1924) mentions explicitly that the four bifurcated appendages which decorate this unicell globose alga show a cruciate position and very rarely a tetrahedral one. However ■ compiling of subsequent reports shows that this morphological feature has been often passed over or modified without any expressed reasons. It results in a biased view of the genus as well as ■ confusion about the real morphology of *Pachycladella umbrina* and *P. zatoriensis* (Bednarz et Mrozinska-Webb) Komarek.

Former reports and new morphological and morphometrical records of both species show that cells with cruciate appendages are *P. umbrina*, and cells with tetrahedraly positioned appendages are *P. zatoriensis*. Based on the present LM (light microscopy) and former TEM (transmission electron microscopy) results, slightly changed descriptions are given of *Pachycladella* and *P. umbrina*. Finally, short comments are given on all known taxa of *Pachycladella*, making this report ■ general survey of the genus.

RÉSUMÉ - La diagnose du genre *Pachycladella* (G.M. Smith) Silva et de son espèce-type *P. umbrina* (G.M. Smith) Silva par G.M. Smith (1924) mentionne explicitement que les quatre appendices bifurqués qui décorent cette algue unicellulaire coccoïde, ont une disposition en croix, très rarement une disposition tétraédrique. Cependant la compilation de différents travaux, montrent que cette particularité morphologique a été souvent occultée ou modifiée sans raisons apparentes. Il en résulte une vision peu claire du genre ainsi qu'une confusion sur la morphologie exacte de *Pachycladella umbrina* et *P. zatoriensis* (Bednarz et Mrozinska-Webb) Komárek.

Des publications antérieures ainsi que la présente étude morphologique et morphométrique montrent que les deux espèces peuvent se distinguer par la disposition cruciée *(P. umbrina)* ou tétraédrique *(P. zatoriensis)* de leurs appendices. En se basant sur des études en microscopie électronique ainsi que sur les présents résultats, les auteurs proposent une description légèrement modifiée du genre *Pachycladella* et de *P. umbrina*. En dernier lieu, de brefs commentaires sur tous les taxa du genre *Pachycladella* complètent ce rapport.

KEY WORDS : Algae, Chlorophyceae, Chlorococcales, *Pachycladella*, morphology, taxonomy.

The genus *Pachycladella* (G.M. Smith) Silva (1970) concerns planktonic, coccoid, and very rare Green algae characterized by a globose cell-body surrounded by four or more tubular appendages with a blunt or a bifurcated apex.

A morphological detail in the original description of the genus and its type-species *P. umbrina* by G.M. Smith (1924) initiated the present report:.."Cell wall bearing four quadrately (very rarely pyramidately) arranged appendages...". An analyze of the literature made us discover that this morphological feature has very often been passed over or modified. Moreover, numerous observations of field material helped us to establish that the characteristic described by Smith was specific to *P. umbrina* and not generic.

One consequence of the alteration to Smith's description was a confusion between *P. umbrina* with quadrate (also called cruciate) appendages and another species which was only very recently described as the new taxon *P. zatoriensis* (Bednarz et Mrozinska-Webb, 1971) Komárek (1979).

This report will first present a critical and historical survey of the main papers dealing with *Pachycladella*. It will be followed by the description and the assessment of several original records of *P. umbrina* and *P. zatoriensis*. These will explain why the characteristic mentioned above (quadrately arranged appendages) is in fact specific to the type-species *P. umbrina* and not generic. A modified description of the genus and the type-species will be given as a result of former TEM studies (Reymond & Hegewald, 1990; Reymond *et al.*, submitted) and the present LM report. Another goal of this report is to make a short survey of all the taxa which are included in the genus.

A CRITICAL REVIEW

Bernardia tetraëdrica Playfair (1918) or the first record of *Pachycladella*.

The first record of a *Pachycladella* species is certainly due to Playfair (1918) near Lismore, Australia (Fig. 1). His description is very accurate: " This species consists of a single spherical cell with (apparently) the membrane drawn out into four long very slender hollow spines, arranged tetraëdrically. The spines are blunt at the extreme tip, not acutely pointed, and the base are greatly inflated..." He calls this species *Bernardia tetraëdrica*, but in fact he probably describes what we determine now as *P. zatoriensis*. The drawing of Playfair has some similarities with *Treubaria* Bernard (1908), and Reymond (1980) made it erroneously a synonym of *T. triappendiculata*.

Pachycladon umbrinus G.M. Smith (1924) or the second record of *Pachycladella*.

The second record of *Pachycladella* is due to G.M. Smith (1924) in the USA. The generic and specific descriptions are accompanied with drawings of the single type-species *Pachycladon umbrinus* (Fig. 2). Later Silva (1970) discovers that the name *Pachycladon* was already used for a Cruciferae flower and consequently proposes the name *Pachycladella umbrina*.

The description of the genus by G.M. Smith (1924) is very clear: "... Cell bearing four quadrately (very rarely pyramidately) arranged appendages". This means that all the cells belonging to this genus have appendages with a cruciate

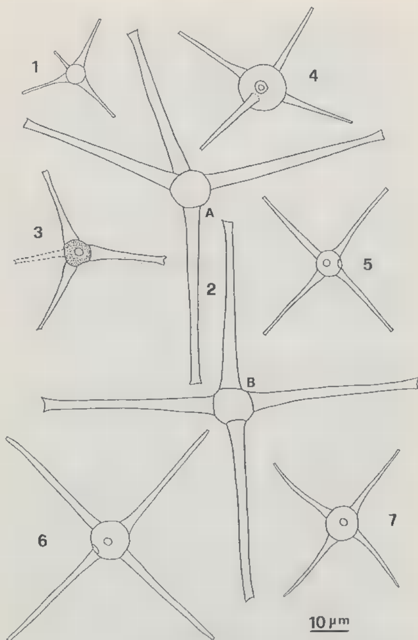


Fig. 1. *Bernardia tetraedrica*, redrawn from Playfair (1918). Fig. 2. *Pachycladon umbrinus*, redrawn from G.M. Smith (1924). Fig. 3. *Pachycladon zatoriensis*, redrawn from Bednarz & Mrozinska-Webb (1971). Fig. 4-7. *Pachycladella umbrina* from Taiwan.

disposition, and very rarely a tetrahedral one. We will see below that this feature is in fact not generic but specific: only *Pachycladella umbrina* has appendages with a cruciate disposition, whereas *P. zatoriensis* which is described much later, has appendages with a tetrahedral one (Fig. 3).

Smith (1924) mentions that the appendages are 35-50 μm long. However he never mentions the number of cells observed and the length average of the processes. Consequently the words "very rarely pyramidately" are vague and unfortunately without any statistical base. In later descriptions, Smith (1933, 1950) does not mention new personal record, but uses the word "sometimes" instead of "very rarely".

The later reports.

Unfortunately the compilation of papers dealing with *Pachycladella* shows that the true description of the appendages dispositions in the diagnosis of the genus by G.M. Smith (1924) is later simply and incomprehensively passed over or modified. Several authors (i.e., Bourrelly, 1966, 1972; Fott & Kovácik, 1975; Komárek & Fott, 1983; Dillard, 1989) assert that the genus or its species *P. umbrina* is characterized by a tetrahedral disposition of the appendages, without any mention of the cruciate one. This induces an imprecision about the real morphology of *P. umbrina*. As a result Garcia de Emiliani *et al.* (1976) describe *P. umbrina* with four appendages in a tetrahedral disposition, and draw on the contrary, the picture of a cell with a cruciate disposition! In one case, we can assume that cells determined as *Pachycladella umbrina* are without any doubt *P. zatoriensis* (i.e., Capdevielle, 1985).

The report of Korshikov (1953, 1987) on *P. umbrina*, is an intermediate case where the original description by G.M. Smith is only slightly arranged: "...appendages arise arranged in the form of a cross or pyramidally...".

Prescott (1964) seems to be prudent but however distorts the original description; he uses the words "arm-like appendages radiating" without any mention of the spatial distribution. His drawing "redrawn from Smith" shows an original compromise of cruciate and tetrahedraly disposed conical processes with hypertrophied bifurcated apexes.

On the contrary, Printz (1927) interprets and translates the description of G.M. Smith (1924) with accuracy :"... 4 in einer Ebene quadratisch (nur selten tetraedrisch) angeordneten Stacheln ..." He cites the work of Playfair (1918) (see above) on *Bernardia tetraëdrica* and thinks that both species could be related: "... nähere Verwandschaft ...". He is well advised and does not write "identische" (identical), but "nähere"(close). We can also note the excellent description of *P. umbrina* by Philipose (1967).

The record of *P. umbrina* by Wawrik (1977) is very well described. However it raises some questions: by the length of the appendages, the material is close to *P. umbrina* as described by G.M. Smith (1924), but because of the tetrahedral disposition of the same appendages this material could also be identified as a variety of *P. zatoriensis*, or eventually as a new species. It is interesting to note that one drawing (p. 61, fig. c) shows a cruciate disposition but all the others show a tetrahedral one. No numerical data are given concerning the cell number and their features.

In 1971, when Bednarz & Mrozinska-Webb describe *Pachycladon zatoriensis* (Fig. 3), they note that the main difference with *P. umbrina* is the length of the appendages. They do not pay particular attention to the spatial orien-

lation of the appendages, the tetrahedral disposition is not specifically mentioned. Fortunately, the acurate figures show this obvious characteristic (see also Bednarz & Novak, 1972).

In their report dealing with cultured *P. umbrina*, Reymond & Hegewald (1990) are not yet fully aware of this morphological problem. However they note:"...appendages placed approximately in the same plane and displaying a cruciate configuration. A tetraedric configuration is seen less frequently". Figures of their report confirm the text.

In other reports authors mention *P. umbrina*, but without any data allowing a determination at the present time (i.e., Whitford, 1936, 1943, 1958; McInteer, 1939; Lackey, 1958; Dillard *et al.*, 1976; Harmon Engin. & Test Comp., 1983; Metee *et al.*, 1984).

A chronologigal list of the previously cited as well as additional authors, the type of reports and a short description of all the taxa involved with *Pachycladella* is given in Table I.

PRESENT RECORDS OF *PACHYCLADELLA*

MATERIALS AND METHODS

Origin of the material

Four samples of phytoplankton containing *Pachycladella* cells have been examined by light microscopy.

The first sample (Yamagishi, No. 493) has been collected in May 1988 in an irrigation pond at Taoyuan (Taiwan) and preserved with formaldehyde. We will see below that all its *Pachycladella* cells were determined as *P. umbrina*. We must also call attention to the fact that, amongst the several species of Mischococcales and Chlorococcales of this sample, we find the very rare alga *Desmatractum delicatissimum* Korschikov.

The three other samples have been collected in August 1990 in three reservoirs: La Noue, Le Haut Rançon, and La Velle, near Lyon (France). Samples were preserved in Lugol. Floristic data concerning these reservoirs have been recorded by J.-C. Druart in a report for "La Compagnie Générale des Eaux" at Monteeau les Mines (France). We will see below that all the *Pachycladella* of these samples were determined as *P. zatoriensis*.

Light microscopy.

A drop of fixed phytoplankton was added to a drop of melted glyceringelatin on a microscope slide and protected with a coverslip. Observations were made with a 40x (dry) or a 50x (oil immersion) bright-field or phase-contrast objective. Every cell of *Pachycladella* was outlined with the help of a drawing tube, and the position and the length of the appendages as well the cell diameter were recorded. All the measurements are given in Table II.

The appendages are tubular or slightly conical structures of about 2-4 µm in diameter at their bases. Despite these variations, the measurements of the diameters were not made systematically and the efforts were focused on the other features mentioned above.

YEAR	AUTHORS	TYPE OF REPORT	CITED TAXA	NF	NOF	CRU	TET	APPEND.L.	CELL DIAM.	COMMENTS
1918	Playfair	Floris.System.	tetraëdrica	1	1	-	+	12	5	zatoriensis?
1924	Smith	Ecol.System.	umbrinus	3	3	+	VR	35-50	8.5-12.5	umbrina
1927	Printz	Systematic	umbrinus	2	0	+	VR	*	*	umbrina
1927	Printz	Systematic	tetraëdrica	0	0	*	*	*	*	zatoriensis
1933	Smith	Floris.System.	umbrinus	3	0	+	SO	35-50	8.5-12.5	umbrina
1936	Whitford	Floris.Morphol.	umbrinus	0	0	-	-	35-50	8.5-15.5	prob.umbrina
1939	McInteer	Floristic	umbrinus	0	0	*	*	*	*	uncertain
1943	Whitford	Floristic	umbrinus	0	0	-	*	*	*	prob.umbrina
1950	Smith	Floris.System.	umbrinus	3	0	+	SO	*	*	umbrina
1953	Korshikov	Systematic	umbrinus	3	0	*	+	25-50	8.5-12.5	umbrina
1958	Whitford	Ecol.Floris.	umbrinus	0	0	-	*	*	*	prob.umbrina
1958	Lackey	Ecol.Floris.	umbrinus	0	0	*	*	*	*	uncertain
1960	Fott	Systematic	Pachycladon	0	0	*	*	*	*	NC
1964	Prescott	Identification	umbrinus	1	0	+	+	*	*	unclear
1965	Chudybowa & Chu.	Systematic	minus	6	6	+	+	5-8.5(>14)	3-5	uncertain
1965	Chudybowa & Chu.	Systematic	umbrinus	0	0	-	*	*	*	NC
1966	Bourrelly	Systematic	umbrinus	2	[illegible]	-	+	*	*	NC
1967	Philipose	Systematic	umbrinus	1	1	+	SO	35-52.5	7.5-12.5	umbrina
1970	Silva	Nomenclature	umbrina	0	[illegible]	*	*	*	*	NC
1970	Silva	Nomenclature	minor	0	0	*	*	*	*	NC
1971	Bednarz & Mroz.	Systematic	zatoriensis	[illegible]	2	-	+	17-20	6-10	zatoriensis
1972	Bednarz & Nowak	Floristic	Pachycladon	1	1	-	+	17.2-19.8	6.7-9.9	zatoriensis
1972	Bourrelly	Systematic	umbrinus	2	0	-	+	*	*	NC
1973	Whitford & Schu.	Systematic	umbrinus	1	0	-	+	*	*	NC
1975	Fott & Kovácik	Systematic	umbrina	1	[illegible]	-	+	17-50	6-10	NC
1975	Fott & Kovácik	Systematic	minus	0	0	*	*	*	*	NC
1975	Fott & Kovácik	Systematic	zatoriensis	0	0	*	*	17-20	*	NC
1975	Fott & Kovácik	Systematic	komarekii	4	4	+	+	18-20	7-10	uncertain
1976	Barta & al.	Identification	umbrinus	2	0	+	-	35-50	8.5-12.5	NC
1976	Dillard & al.	Floristic	umbrinus	0	0	*	*	*	*	uncertain
1976	Garcia Em.& al.	Floris.System.	umbrinus	1	1	+	+	15	5	umbrina
1977	Wawrik	Floris.System.	umbrinus	7	7	+	+	27-50	6.6.11	uncertain
1977	Wawrik	Floris.System.	minus	*	*	*	*	*	*	NC
1979	Komárek	Systematic	zatoriensis	[illegible]	[illegible]	*	*	*	*	NC
1980	Reymond	Systematic	tetraedrica	0	0	*	*	*	*	NC
1980	Reymond	Systematic	umbrina	[illegible]	0	*	*	*	*	NC
1980	Reymond	Systematic	zatoriensis	0	0	*	*	*	*	NC
1980	Reymond	Systematic	komarekii	0	[illegible]	*	*	*	*	NC
1983	Harmon E.& T.C.	Ecology	umbrinus	0	0	*	*	*	*	uncertain
1983	Jha & Kaushal	Floristic	gobindsagar.	0	0	+	*	96-120	10-12.8	umbrina
1983	Komárek & Fott	Systematic	umbrina	1	[illegible]	-	+	27-50	6-12.5	NC
1983	Komárek & Fott	Systematic	minor	4	0	+	+	5-8.5(>14)	3-5	NC
1983	Komárek & Fott	Systematic	zatoriensis	2	0	-	+	17-20	6-10	NC
1983	Komárek & Fott	Systematic	komarekii	3	0	-	+	18-20	7-10	NC
1984	Metee & al.	Ecology	Pachycladon	0	[illegible]	*	*	*	*	uncertain
1984	Reymond & Kouw.	Systematic	umbrina	[illegible]	0	*	*	*	*	NC
1985	Capdevielle	Floristic	umbrina	2	2	-	+	22-25	7.5-10	zatoriensis
1985	Reymond & Heg.	Morphology	umbrina	[illegible]	[illegible]	*	*	*	*	umbrina
1986	Schlösser	Culture	umbrina	[illegible]	0	*	*	*	*	umbrina
1987	Korshikov	Systematic	umbrinum/ina	3	[illegible]	+	+	25-50	8.5-12.5	umbrina
1988	Bourrelly	Systematic	umbrina	[illegible]	[illegible]	*	*	*	*	NC
1988	Bourrelly	Systematic	minor	0	0	*	*	*	*	NC
1988	Bourrelly	Systematic	zatoriensis	[illegible]	0	*	*	*	*	NC
1988	Bourrelly	Systematic	komarekii	[illegible]	0	*	*	*	*	NC
1989	Dillard	Floristic	umbrina	1	[illegible]	-	+	27-50	6-12.5	uncertain
1990	Reymond & Heg.	Morphol.system.	umbrina	27	27	+	-	max. 25	7-10	umbrina
i.p.	Reymond & Yama.	Systematic	umbrina	6	5	+	-	19-32	7.5-13	umbrina
i.p.	Reymond & Druart	Systematic	zatoriensis	9	9	-	+	14-26	6-12.5	zatoriensis
sub.	Reymond & al.	Morphol.System.	umbrina	16	15	+	-	aver. 25.3	aver. 9.1	umbrina
sub.	Reymond & al.	Morphol.System.	zatoriensis	7	7	-	+	aver. 19.3	aver. 8.8	zatoriensis

Table I. Chronological list of authors, reports and data related to *Pachycladella*. **Explanations of signs:** +: characteristic is present; -: characteristic is absent; *: no information about the characteristic; **Abbreviations:** NF: number of figures; NOF: number of original figures; CRU: cell described with cruciate appendages; TET: cell described with tetrahedral appendages; VR: very rarely; SO: sometimes; APPEND. L.: length of the appendages (in μm); CELL DIAM.: diameter of the cell (in μm); aver.: average; max.: maximum; NC: no comment; i.p.: in press; sub.: submitted.

TAOYUAN			TAOYUAN (cont.)			LA NOUE		
#	App. L.	Cell. D.	#	App. L.	Cell. D.	#	App. L.	Cell. D.
1	18.9	11.0	57	28.0	10.5	1	13.8	8.0
2	19.0	8.3	58	28.0	7.9	2	14.5	7.3
3	19.3	7.9	59	28.0	8.8	3	14.5	6.5
4	19.4	8.8	60	28.0	9.6	4	15.3	10.2
5	20.0	7.9	61	28.0	7.9	5	16.0	8.0
6	20.0	6.6	62	28.0	8.8	6	16.0	8.0
7	21.0	7.9	63	28.2	9.4	7	16.7	7.3
8	21.0	10.5	64	28.5	9.6	8	16.7	8.0
9	21.0	7.0	65	28.9	8.9	9	16.7	8.0
10	21.0	8.8	66	29.4	8.5	10	17.5	6.5
11	21.0	9.6	67	29.4	10.3	11	17.5	8.4
12	21.0	9.6	68	29.8	8.8	12	17.5	9.5
13	21.0	7.7	69	30.6	8.8	13	17.5	6.5
14	21.8	9.1	70	31.2	11.2	14	17.5	7.3
15	21.8	8.2	71	31.5	9.4	15	17.5	8.7
16	21.9	9.6	72	31.8	10.6	16	17.5	9.5
17	21.9	8.8	73	32.4	10.0	17	17.5	11.6
18	21.9	8.8	74	32.4	10.6	18	17.5	6.5
19	22.2	9.4	75	33.3	10.5	19	18.2	7.3
20	22.4	9.1	76	33.3	10.5	20	18.2	6.2
21	22.4	9.4	77	38.8	10.6	21	18.2	10.9
22	22.4	9.7				22	18.2	8.0
23	22.7	10.5				23	18.2	8.0
24	22.8	8.8				24	18.2	11.6
25	22.8	9.6				25	18.2	11.6
26	22.8	7.8				26	18.9	8.0
27	22.8	8.5				27	18.9	12.4
28	22.9	10.0	HAUT RANCON			28	18.9	7.3
29	23.3	8.9	#	App. L.	Cell. D	29	18.9	8.0
30	23.5	7.6	1	18.9	8.0	30	18.9	8.0
31	23.5	9.1	2	18.9	8.0	31	18.9	9.5
32	24.1	7.1	3	18.9	8.7	32	19.6	8.7
33	24.1	8.8	4	20.4	8.0	33	19.6	10.2
34	24.4	8.9				34	19.6	11.6
35	24.5	8.8				35	19.6	8.0
36	24.5	7.9				36	20.4	10.2
37	24.5	9.6				37	20.4	9.5
38	24.7	8.8				38	20.4	8.7
39	25.0	9.3				39	20.4	8.0
40	25.0	8.8	LA VELLE			40	21.1	8.4
41	25.3	9.4	#	App. L.	Cell. D	41	21.1	8.0
42	25.4	8.8	1	12.9	7.9	42	21.1	8.0
43	25.7	7.4	2	13.6	7.9	43	21.1	8.7
44	25.9	8.2	3	15.0	8.6	44	21.1	7.3
45	25.9	11.2	4	15.7	7.9	45	21.1	6.5
46	25.9	7.9	5	15.7	9.3	46	21.1	10.2
47	26.3	8.8	6	16.4	8.6	47	21.8	11.6
48	26.3	7.9	7	16.4	6.4	48	22.5	12.4
49	26.3	7.9	8	17.0	7.1	49	22.5	11.6
50	26.3	9.6	9	17.0	7.1	50	23.3	12.4
51	26.4	12.1	10	17.1	8.6	51	23.3	8.7
52	27.1	8.8	11	17.1	7.1	52	23.3	7.3
53	27.1	8.8	12	17.1	8.6	53	24.0	7.6
54	27.1	8.8	13	18.6	9.3	54	24.7	8.7
55	27.2	9.4	14	18.6	10.0	55	25.5	8.7
56	28.0	10.5	15	20.7	10.0	56	26.2	9.5

Table II. Length of appendages (App.L.) and cell diameter (Cell.D.) of all the observed cells of *Pachycladella* (in μm).



The samples of Taiwan and La Noue were also employed for a study using a TEM by Reymond & al. (submitted).

RESULTS

The pond at Taoyuan (Taiwan).

77 cells have been observed, all with a cruciate disposition of the tubular and bifurcated appendages. The bases and the apexes of the processes form alltogether a rough plane. The cell body is spherical to slightly quadrangular and posses one central pyrenoid (Figs 4-7 and 16-21). The colour of the appendages is translucent to light yellow. The average length of appendages and cell diameter is 25.3 μm and 9.1 μm respectively. More information is given in Tables II and III. Despite the difference in the length of the appendages when compared to the original description by G.M. Smith (1924) (Fig. 2 and Table I), they have all been determined as *P. umbrina*.

	Taoyuan	Haut Rançon	La Velle	La Noue
Cells nb.	77	4	15	5[redacted]
Max. L. μm	38.8	20.4	20.7	26.2
Min. L. μm	18.9	18.9	12.9	13.8
L. aver. μm	25.31	19.27	16.59	19.33
L SD	3.96	0.73	1.95	2.74
Max. D. μm	12.1	8.7	10.0	12.4
Min. D. μm	6.6	8.0	6.4	6.2
D. aver. μm	9.08	8.18	8.28	8.80
D SD	1.07	0.42	1.07	1.70
L/D aver	2.81	2.36	2.02	2.26
L/D SD	0.42	0.15	0.29	0.45
Posit. append.	cruciate	tetrahedral	tetrahedral	tetrahedral
Deter. species	P. umbrina	P. zatoriensis	P. zatoriensis	P. zatoriensis

Table III. Basic results obtained from the present records of *Pachycladella*. **Abbreviations:** Cell nb: number of cells recorded per locality; L: length of the appendages; D: diameter of the cell; SD: standard deviation; aver.: average; Posit. appends: Position of the appendages; Deter. species: determination of the species.

The French reservoirs.

Le Haut Rançon: 4 cells were observed, all with a regular tetrahedral disposition of the appendages. The average length of appendages and cell diameter is 19.3 μm and 8.2 μm respectively. More information is given in Tables II and III.

La Velle: 15 cells were observed, all with a tetrahedral disposition of the appendages. The average length of appendages and cell diameter is 16.6 μm and 8.3 μm respectively. More information is given in Tables II and III.

La Noue: 56 cells were observed, all with a tetrahedral disposition of the appendages (Figs 8 - 15 and 22 - 27). The average length of appendages and

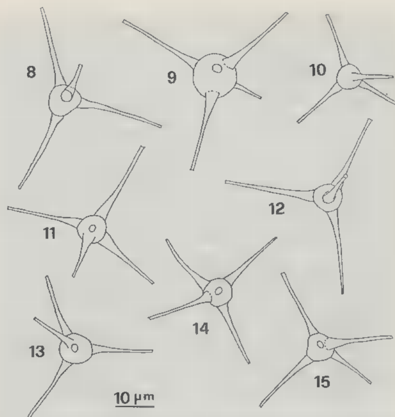


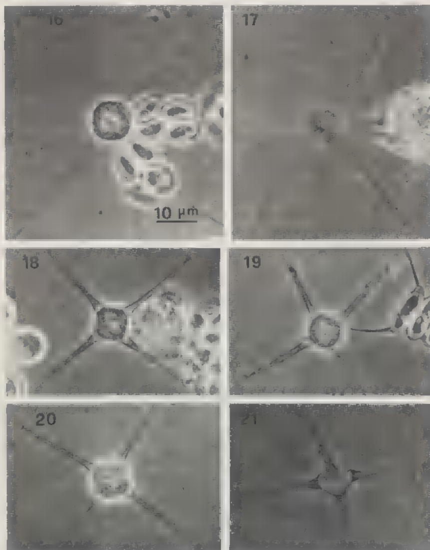
Fig. 8-15. *Pachycladella zatoriensis* from France.

cell diameter is 19.3 µm and 8.8 µm respectively. More information is given in Tables II and III.

All the cells observed in the French reservoirs have a central pyrenoid. The cell body is spherical, polyhedral or quadrilobate. The appendages are more conical and thinner at their bifurcated apex than those of the Taiwan specimens (see above), and their colour is darker. All these cells have been determined as *P. zatoriensis* (Figs 8-15 and 22-27).

For further comparisons of specimens from Taiwan and France with the TEM, refer to the paper of Reymond et al. (submitted).

As additional information, Prof. G.E. Dillard sampled *P. umbrina* in 1990 in Koa Lake, Kentucky, USA (personal communication). The specimen that we could observe on a micrograph has four cruciate and tubular appendages about 37 µm long and a spherical cell body about 9 µm in diameter. It fits the dimensions and the morphology given by G.M. Smith (1924) for *P. umbrina*.

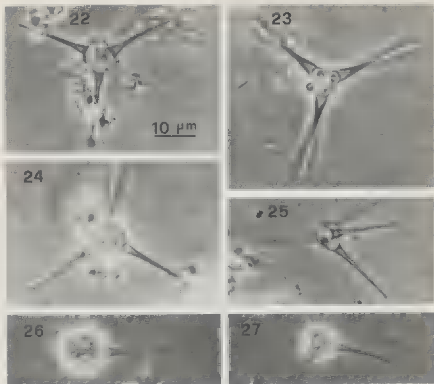


Figs. 16-21. *Pachycladella umbrina* from Taiwan.

DISCUSSION

Possible sources of confusion.

The compilation of previous records of *Pachycladella* has shown the confusion which exists at the levels of the generic and specific description. This problem has been enhanced by the polymorphism of the recorded cells.



Figs. 22-27. *Pachycladella zatoriensis* from France.

This confusion can be partly explained by the following comments:

1) G.M. Smith (1924) speaks of the quadrate disposition of the appendages, when his drawings seem to show partly the contrary (Fig. 2A). This certainly allowed, unintentionally, a free interpretation of *P. umbrina;* experience shows that the figures have generally more impact than the description.

2) Depending on the position of the observed cell, the quadrate or the tetrahedral position of its appendages can be inadequately observed and interpreted. For example, despite their cruciate disposition, the apexes of the appendages of *P. umbrina* are not always viewed at the same focus; consequently it could be interpreted as a tetrahedrical lisposition (Fig. 4).

Taxonomy

The present records show clearly that this genus can be divided into two main categories: cells with a cruciate disposition of the appendages which we call *P. umbrina*, and cells with a tetrahedral disposition called *P. zatoriensis*. It also shows that the length of appendages, the cell shape and diameter can notabily vary among specimens of the same collection. However all the cells of the four collections have a common feature: four bifurcated appendages and a cen-

tral pyrenoid (confirmed with the TEM by Reymond et al. submitted). Without any doubt they belong to the same genus.

In the category of cruciate cells, the length of appendages varies from 18.9 μm (Taiwan) to 120 μm (*P. umbrina* v. *gobindsagarensis*, Jha & Kaushal (1983), India). This is an indication that the category could be divided into several taxonomic categories at the level of the sub-species or even lower. The few data at our disposal (18.9 to 38.8 μm from our work - 35 to 50μm from Smith (1924) and 96 to 120 from Jha & Kaushal (1983)) presently prevent us from new serious nomenclatural propositions.

In most of the genera or species descriptions carried out, the approximate number of observed cell as well as the average of their measurements has been omitted. Despite the fact that these indications are not always useful at the moment, we think that they could be essential for further taxonomical studies. In the present report Table II serve this role.

Descriptions of *Pachycladella* and *P. umbrina*

We have shown that the "quadrate disposition" of *Pachycladella* is a specific characteristic and not at all a generic one. Moreover TEM reports (Reymond & Hegewald, 1990; Reymond *et al.*, submitted) give new information on this algal genus.

Consequently, we propose some slight changes in the diagnosis of the genus and the type species given by G.M.Smith (1924):

Genus *Pachycladella* (G.M. Smith) Silva.

Cells are solitary, spherical or quadrangular to lobated. The cell wall bears four or more appendages. Appendages, when they are four, are quadrately or tetrahedrally placed. The appendages are hollow, translucent to dark brown in colour, stout, gradually tapering to a blunt point that is usually bifurcate. Chloroplast is single, cup-shaped, parietal, with one pyrenoid, and nearly filling the cavity. Reproduction: zoospore can be observed, but more information is needed.

Species *Pachycladella umbrina* (G.M. Smith) Silva.

Characteristics as above. The cell wall bears four appendages in a quadrate disposition (exceptionally with a tetrahedral disposition). The diameter of cell without processes is 7 - 12.5μm. and the length of processes is 18.9 - 120 μm. Reproduction occurs mainly by zoospores.

Short comments about all the taxa of *Pachycladella*.

The genus *Pachycladella* (G.M. Smith) Silva (1970) is actually composed of five taxa: *P. minor*, *P. komarekii*, *P. zatoriensis* and *P. umbrina* and its variety gobinsagarensis.

As we know, *P. minor* (D. & H. Chudyba) Silva (1970) has been observed in Poland by its authors only. Unfortunately this material is no longer available (D. Chudyba, personal communication). Its place in the genus *Pachycladella* is still questionable without additional data. For Fott & Kovácik (1975) this organism has probably another taxonomical position. Komárek & Fott (1983) make the hypothesis that it could be the spore of another algal species.

P. komarekii (Fott & Kovácik) Reymond (1980) has been observed in Czechoslovakia by its authors and perhaps a few algologists. Unfortunately this

material is not available (Komárek and Kovácik, personal communications). This species is possibly a *Pachycladella*, which in this case would seem close to *P. zatoriensis*, because of its tetrahedrally arranged appendages. However it needs further investigations.

P. zatoriensis (Bednarz et Mrozinska-Webb) Komarek (1979) is characterized by a tetrahedral disposition of four appendages with a bifurcate apex. More details are given in the present report and by Reymond *et al* (submitted).

P. umbrina (G.M. Smith) Silva (1970), the type species is characterized by a cruciate disposition of four appendages with a bifurcate apex. More details are given in the present report and by Reymond *et al.* (submitted).

P. umbrina v. *gobindsagarensis* was recently proposed by Jha & Kaushal (1983). Unfortunately it was not possible to obtain any material from the authors. By the huge size of its cruciate appendages, this taxon represents the biggest cells of *Pachycladella*.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are indebted to Prof. G.E. Dillard of Kentucky (USA), Dr. E. Hegewald of Jülich (Germany), Dr. D. Chudyba of Olsztyn-Kortowo (Poland), Dr. T. Bednarz of Cracow (Poland), Dr. J. Komárek and Dr. L. Kovácik of Trebon for their personal information concerning *Pachycladella*. We thank also Dr. J.-P. Hornung and Dr. M. von Schack of Lausanne (Switzerland) and Dr. J.-P. Dubois of Thonon (France) for critically reading the manuscript.

The first author is also affiliated and indebted to the Laboratoire de Microbiologie générale of the Département de Biologie végétale of the University of Geneva and to the Musée et Jardin botanique de Lausanne, Switzerland.

BIBLIOGRAPHY

BARTA Z., FELFÖLDY L., HAJDU L., HORVATH K., KISS K., SCHMIDT A., TAMAS G., UHERKOVICH G. & VÖRÖS L., 1976 - A zoldalgák (Chlorococcales) rendjének kishatározója. *In* FELFÖLDY L. (Ed.), *Vizugyi Hidrobiologia*. Vol. 4, Budapest, 343 p.

BEDNARZ T. & MROZINSKA-WEBB T., 1971- A new species of of the genus *Pachycladon* G.M. Smith found on the terrain of Zator.- Nowy gatunek z rodzaju *Pachycladon* G.M. Smith znaleziony na terenie Zatora. *Fragm. Flor. Geobot.* 17: 171-173.

BEDNARZ T. & NOWAK M., 1972 - Wybrane gatunki glonów, znalezione w stawach karpiowych kompleksu Laskowa kolo Zatora - Selected species of algae found in carp ponds of the Laskowa complex near Zator. *Acta Hydrobiol. (Krakow)* 14: 103-112.

BERNARD CH., 1908 - *Protococcacées et Desmidiées d'eau douce, récoltées à Java.* Dép. Agric. aux Indes Néerlandaises, Batavia. 230 p.

BOURRELLY P., 1966 - *Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. I. Les algues vertes.* Boubée N. & Cie. Paris. 511 p.

BOURRELLY P., 1972 - *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. I. Les algues vertes.* Réimpression revue et augmentée. Boubée N. & Cie., Paris. 572 p.

BOURRELLY P., 1988 - *Complément. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. I. Les algues vertes.* Soc. nouvelle édit. Boubée, Paris. 182 p.

CAPDEVIELLE P., 1985 - Observations dans la région des Landes d'algues d'eau douce rares ou nouvelles pour la flore de France. *Cryptogamie, Algol.* 6: 141-170.

CHUDYBOWA D. & CHUDYBA H., 1965 - *Raphidionema longiseta* Vischer. i *Pachycladon minus* n. sp. w zielonym sniegu z okolic Olsztyna. *Acta Hydrobiol.* 7: 297-302.

DILLARD G.E. 1989 - *Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 1. Chlorophyceae: Volvocales, Tetrasporales and Chlorococcales.* Cramer J., Stuttgart. *Bibliotheca Phycologica* 81. 202 p.

DILLARD G.E., MOORE S. & GARRETT L. 1976 - Kentucky algae, II. *Trans. Kentucky Acad. Sci.* 37: 20-25.

FOTT B., 1960 - Zur Kenntniss der Gattung *Saturnella* (Chlorococcales). *Nova Hedwigia* 2: 273 - 278.

FOTT B. & KOVÁCIK L., 1975 - Über die Gattung *Treubaria* (Chlorococcales, Chlorophyceae). *Preslia* 47: 305-316.

GARCIA DE EMILIANI M.O., MOSTO P. & TELL G. 1976 - Algas de agua dulce nuevas o poco conocidas en la Argentina. *Physis Sec. B.* 35: 185-198.

HARMON ENGINEERING AND TESTING COMPANY, INC., 1983 - *Water quality management studies. Middle Black Warrior and Lower Tombigbee Rivers, Warriors and Demopolis Lakes, July 1978 - December 1979.* Report prepared for U.S. Army Corps of Engineers Environmental Quality section. P.O. Box 2288. Mobile, Alabama 36628. 500 p.

JHA B.C. & KAUSHAL D.K., 1983 - Algae from Gobindsagar, Himachal Pradesh. *Phykos* 22: 141-143.

KOMÁREK J. 1979 - Änderungen in der Taxonomie der Chlorokokkalalgen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 56. *Algological Studies* 24: 239-263.

KOMÁREK J. & FOTT B. 1983 - Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. *In* Huber-Pestalozzi G., *Das Phytoplankton des Susswassers.* Die Binnengewässers 16, 7/1: 1044 p.

KORSHIKOV O.A., 1953 - *Pidklas Protokokovi (Protococcineae) Vakuol'ni (Vacuolales ta Protokokovi (Protococcales). Viznacnik prisnovodnih vodorostejukrains'koi RSR. 5.* Vidav. Akad. Nauk R.S.R., Kiev, 449 p.

KORSHIKOV O.A., 1987 - *The Freshwater algae of the Ukrainian SSR. V. Sub-Class Protococcineae, Vacuolales and Protococcales.* Translated by J.W.G. LUND and W. TYLKA. BISHEN SINGH MAHENDRA PAL SINGH and KOELTZ Scientific Books (Eds.). 412 p.

LACKEY J., 1958 - The suspended microbiota of the Clinch River and adjacent waters in relation to radioactivity in the summer of 1956. *Engr. Progress, Univ. Florida* 12: 1-26.

McINTEER B.B., 1939 - A check list of the algae of Kentucky. *Castanea* 4: 27-37.

METEE M.F., HARRIS S.C. & MALATINO A.M., 1984 - *Water quality management studies. Postimpoundment study of R.E. " Bob" Woodruff Lake, Alabama River, Alabama. August-December 1977 and April-December 1978.* Report prepared for the U.S. Army corps of Engineers Environmental Quality Section. P.O. Box 2288. Mobile, Alabama 36628. 520 p.

PHILIPOSE M.T., 1967 - *Chlorococcales.* I.C.A.R. New Dehli. 365 p.

PLAYFAIR G.I., 1918 - New and rare freshwater algae. *Proc. Lin. Soc. New South Wales* 43: 497-543.

PRESCOTT G.W., 1964 - *How to know the fresh-water algae.* JAQUES H.E. (Ed.). Pictured key nature serie. Dubuque, Iowa, WM.C. Brown Comp. Publisher. 272 p.

PRINTZ H., 1927 - Chlorophyceae. *In* ENGLER A., *Die naturlichen Pflanzenfamilien* 3. ENGELMANN W. (Ed.), Leipzig. 463 p.

REYMOND O.L., 1980 - Contribution à l'étude de *Treubaria* Bernard (Chlorococcales, Chlorophyceae). *Candollea* 35: 37-70.

REYMOND O.L. & KOUWETS F.A.C., 1984 - Taxonomical and Ultrastructural survey of the Genus *Desmatractum* West & West (Chlorococcales). *In* IRVINE D.E.G. & JOHN D.M.(Eds), *Systematics of the Green Algae*. Systematics associations Special Vol. 27, London and Orlando, Academic Press, pp. 379-389.

REYMOND O.L. & HEGEWALD E., 1985 - *Pachycladella umbrina* (G.M. Smith) Silva (Chlorococcales): A morphological and life cycle study. Book of abstracts, 2nd International Phycological Congress. University of Copenhagen. p. 63.

REYMOND O.L. & HEGEWALD E., 1990 - Morphology, life cycle and taxonomy in *Pachycladella umbrina* (Chlorophyceae, Chlorococcales). *Arch. Hydrobiol. Suppl. 85. Algological studies* 58: 15-28.

REYMOND O.L. & DRUART J.C. In press - *Pachycladella zatoriensis*. *In* YAMAGISHI T. & AKIYAMA (Eds.), *Photomicrographs of the Fresh-water Algae*. Tokio, Uchida Rokakuho.

REYMOND O.L. & YAMAGISHI T. In press - *Pachycladella umbrina*. *In* YAMAGISHI T. & AKIYAMA (Eds.), *Photomicrographs of the Fresh-water Algae*. Tokio, Uchida Rokakuho.

REYMOND O.L., BIRCHEM R. & BOUTINARD ROUELLE-ROSSIER V., Submitted - Cell morphology and localization of Fe and Mn in field-collected algae *Pachycladella umbrina* and *P. zatoriensis* (Chlorococcales, Chlorophyceae). *Algol. Studies*.

SCHLÖSSER U.W., 1986 - Sammlung von Algenkulturen Gottingen: Additions to the Collection since 1984. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 99: 161-168.

SILVA P.C., 1970 - Remarks on algal nomenclature IV. *Taxon* 19: 941 - 945.

SMITH G.M., 1924 - Ecology of the plankton algae in Palisades Interstate Park, including the relation of control methods to fish culture. *Roosvelt Wild Life Bulletin* 2: 95-195.

SMITH G.M., 1933 - *The fresh-water algae of the United States*. MacGraw-Hill, New York. 716 p.

SMITH G.M., 1950 - *The fresh-water algae of the United States*. 2nd edit. MacGraw-Hill, New York, 719 p.

WAWRIK F., 1977 - Beobachtungen [redacted] *Pachycladon umbrinus, Micractinium bornhemiense, Paradoxia multiseta* und der Infektion einer *Mallomonas*-Population. *Arch. Protistenk.* 119: 60-67.

WHITFORD L.A., 1936 - New and little known algae from North Carolina. *J. Elisha Mitchel Sci. Soc.* 52: 93-98.

WHITFORD L.A., 1943 - The fresh-water algae of North Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 59: 131 - 170.

WHITFORD L.A., 1958 - Phytoplankton in North Carolina lakes and ponds. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 74: 143 - 157.

WHITFORD L.A. & SCHUMACHER G.J., 1973 - *A manual of fresh-water algae*. Raleigh, N.C., Sparks Press, 323 p.

GONIOTRICHOPSIS (RHODOPHYCÉES, PORPHYRIDIALES) EN EUROPE

Francis MAGNE

Laboratoire de Biologie Végétale Marine, 7 quai St Bernard,
75252 Paris Cedex 05

RÉSUMÉ - *Goniotrichopsis sublittoralis* Smith (Rhodophyceae, Porphyridiales) a été récolté pour la première fois dans la Manche et en Méditerranée, et maintenu en culture.

ABSTRACT - *Goniotrichopsis sublittoralis* Smith (Rhodophyceae, Porphyridiales) has been collected for the first time in the Channel and in the Mediterranean, and kept in culture.

Le genre *Goniotrichopsis* Smith et l'espèce-type *sublittoralis* Smith, seule connue de ce genre, décrits de la côte de Californie (Smith & Hollenberg, 1943), n'avaient jusqu'à ce jour été retrouvés qu'à deux reprises: d'une part à l'île San Juan (Washington, U.S.A.) par Norris & West (1967), d'autre part devant Bamfield (île Vancouver, B.C., Canada) par Foreman *et al.*, (1973). On pouvait ainsi les considérer comme endémiques de la côte nord-américaine du Pacifique, où de plus ils sont considérés comme rares (Abbott & Hollenberg, 1976; Garbary *et al.*, 1980).

Aussi est-ce avec une certaine surprise que nous avons rencontré *Goniotrichopsis sublittoralis* dans la Manche à Roscoff en août 1975 et d'autre part en Méditerranée à Majorque (Espagne) lors de la réunion conjointe de la Sociedad Española de Ficologia et de la Société Phycologique de France, organisée en mai 1989 en la ville de Soller par le Professeur J. Seoane-Camba et ses collaborateurs.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

L'individu unique récolté à Roscoff était épiphyte sur un *Bonnemaisonia asparagoides* (Woodw.) C. Ag. dragué entre 10 et 20 m de profondeur en Baie de Morlaix; il a permis certaines observations ainsi que la préparation d'une souche unialgale (n° 137). L'individu de Majorque était lui aussi épiphyte sur un fragment de Rhodophycée indéterminée provenant d'un fond d'environ 15 m et conservé plusieurs jours en culture brute; une souche unialgale (n° 800) a également été préparée à partir de ce matériel. Les deux souches sont conservées au laboratoire en lumière naturelle très atténuée, à une température constante de 12°C, dans de l'eau de mer enrichie (ESW) selon Provasoli (1968), mais selon la formule "maigre" employée couramment au laboratoire (voir Magne, 1986). Elles ne s'y développent que très lentement. Les thalles ont été préparés à partir de boutures de fragments et cultivés à une température de

16°C, sous une lumière d'intensité 20 μE m^{-2} s^{-1} fournie durant 16 h par jour par des tubes fluorescents Mazda de type "blanc brillant", ces conditions assurant un développement satisfaisant. Des cultures préliminaires en parallèle ont montré qu'aucune différence n'existe entre les souches 137 et 800 relativement à la cytologie, la structure, la croissance et le développement des thalles; les observations rapportées ci-après sur des algues en culture sont relatives à la souche 137.

OBSERVATIONS

L'individu récolté à Roscoff présentait les caractéristiques essentielles de la description-type: aspect très comparable à celui d'un représentant du genre *Stylonema* Reinsch, thalle de type filamenteux dressé, fixé par une base unicellulaire indifférenciée, à pseudo-ramifications plus ou moins dichotomes et croissance intercalaire; cellules à parois épaisses, contenant, contrairement à celles du genre *Stylonema*, de multiples petits plastes pariétaux plus ou moins isodiamétriques et dépourvus de pyrénoïde; pas de connections protoplasmiques. Toutefois, et bien que cet exemplaire ait été de même taille (environ 500 μm) que les plus grands observés par Smith, et qu'il ait comme eux présenté trois niveaux de dichotomie, tous ses rameaux étaient encore unisériés, alors que d'ordinaire - et selon Smith toujours - les parties âgées deviennent très tôt plurisériées; si bien qu'il ressemblait tout-à-fait à un *Stylonema alsidii* (Zanardini) Drew (= *Goniotrichum alsidii* (Zanardini) Howe) tandis que les plantes récoltées dans le Pacifique sont par l'aspect très comparables au *Stylonema cornu-cervi* Reinsch.

Divers essais en culture ont montré que cette espèce peut sans dommage supporter un éclairement de très faible intensité (0,2 μE m^{-2} s^{-1}) durant de longues périodes, ainsi que les températures comprises entre 10 et 20°C.

Les cultures ont aussi montré que l'exemplaire recueilli à Roscoff appartenait bien à l'espèce *C. sublittoralis* en dépit de sa structure entièrement unisériée. En effet, alors que les thalles à l'état jeune sont très comparables à ceux de la nature en ce qui concerne la morphologie et la ramification (Figures 1, 2 et 3), ils deviennent assez rapidement monstrueux, avec un rameau principal plurisérié atteignant 5 à 6 mm de long et parfois davantage, hérissé d'un grand nombre de ramifications secondaires courtes et pour la plupart unisériées (Figure 4). Cette grande taille et cette ramification exubérante sont sans doute à considérer comme un effet des conditions de culture dans un milieu particulièrement riche et dépourvu d'agitation.

La structure cellulaire est conforme à la description de Smith (Figure 2). La paroi, qui devient plus épaisse avec l'âge, paraît homogène à l'observation directe, mais en fait il existe chez chaque cellule une paroi propre, distincte de la gaine commune; elle devient perceptible sous l'action de substances qui en modifient la réfringence, comme la solution iodo-iodurée et surtout l'acide acétique à 1% qui la fait fortement gonfler. Les tentatives pour colorer la paroi ont été presque totalement infructueuses: le réactif iodo-ioduré, l'acide sulfurique iodé, le rouge de ruthénium (qui pourtant colore intensément la paroi propre des cellules de *Stylonema alsidii*: observation inédite), le bleu de toluidine, sont restés absolument inopérants; seul le bleu de méthyle à 0,5‰ a communiqué à la paroi une très faible teinte bleue.

Les cellules âgées se chargent plus ou moins de grains de rhodamylon qui se présentent comme des disques lenticulaires de 1 μm environ de diamètre.

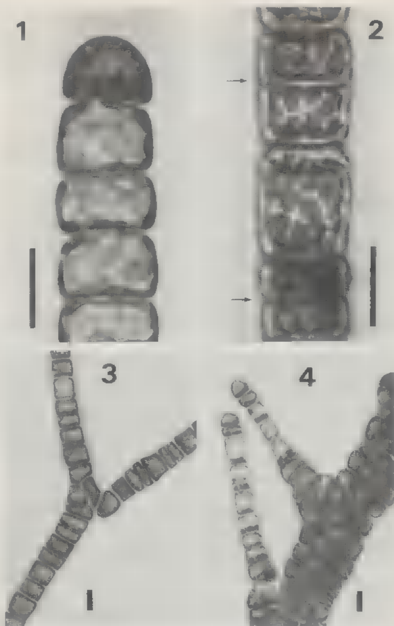


Fig. 1 à 4: *Goniotrichopsis sublittoralis* Smith. - Fig. 1: région apicale d'un filament. Fig. 2: segment de filament unisérie montrant des plastes multiples dans chaque cellule, ainsi que deux divisions intercalaires récemment achevées (flèches). Fig. 3: pseudo-ramification d'un filament unisérié. Fig. 4: segment de filament plurisérié portant des ramifications unisériées. (observations *in vivo*; toutes les barres-échelles représentent 10 μm)

La multiplication a toujours, dans les cultures entreprises ici, été obtenue par fragmentation et bouturage. On ignore comment elle s'effectue dans la nature, mais Norris & West (1967) ont observé en culture la libération de cellules végétatives à partir de filaments uni- ou plurisériés, donnant des monospores d'un type que nous avons proposé de distinguer sous le nom d'archéospores (Magne, 1991).

DISCUSSION

L'appartenance à *Goniotrichopsis sublittoralis* du matériel récolté et cultivé au cours de ce travail ne peut faire aucun doute, tant les caractères observés s'accordent étroitement à la description originale.

Ceci étend à l'Europe l'aire de répartition de cette espèce considérée jusqu'ici comme endémique de la côte nord-américaine du Pacifique. Le fait qu'elle soit tenue pour rare (Garbary *et al.*, 1980) peut être dû en partie à ce qu'elle peut être aisément confondue avec les *Stylonema* dont la morphologie est semblable mais dont les cellules ne renferment qu'un seul plaste avec un pyrénoïde central. On peut s'attendre à la retrouver autre part, en particulier dans des mers tempérées où il conviendrait de la rechercher.

BIBLIOGRAPHIE

ABBOTT I.A. & HOLLENBERG G.J., 1976 - *Marine algae of California.* Stanford Univ. Press. 827 p.

FOREMAN R.E., LINDSTROM S.C. & CELESTINO J.L., 1973 - New records of marine algae in British Columbia. *Syesis* 6: 267-268.

GARBARY D.J., HANSEN G.I. & SCAGEL R.F., 1980 - The marine algae of British Columbia and northern Washington: Division Rhodophyta. Class Bangiophyceae. *Syesis* 13: 137-195.

MAGNE F., 1986 - Anomalies du développement chez *Antithamnionella sarniensis* (Rhodophyceae, Ceramiaceae). I: Formation et début du développement des tétraspores. *Cryptogamie, Algol.* 7 (2): 135-147.

MAGNE F., 1991 - Classification and phylogeny in the lower Rhodophyta: a new proposal. *J. Phycol.* 27(3) suppl.: 46.

NORRIS R.E. & WEST J.A., 1967 - Notes on marine algae of Washington and southern British Columbia, II. *Madrono* 19: 111-116.

PROVASOLI L., 1968 - Media and prospects for the cultivation of marine algae. *In:* WATANABE A. & HATTORI A. (Eds), *Cultures and collection of algae. Jap. Soc. Plant Physiol.* 1966: 63-75.

SMITH G.M. & HOLLENBERG G.J., 1943 - On some Rhodophyceae from the Monterey Peninsula, California. *Amer. J. Bot.* 30: 211-222.

MASTIGOCLADOPSIS REPENS (NOSTOCHOPSACEAE), A NEW CYANOPHYTE FROM SPANISH SOILS.

M.C. HERNÁNDEZ-MARINÉ, Manuel FERNÁNDEZ and Vidal MERINO

Departamento de Productos Naturales. Facultad de Farmacia.
Universidad de Barcelona. Avda Juan XXIII s/n.
08028-Barcelona, Espagne.

ABSTRACT - *Mastigocladopsis repens* sp. nov. from a calcareous soil in Punta de la Mora, Tarragona, Spain, is described. It is a Stigonematalean blue-green alga with both true simple lateral and V-shaped reverse branches, depending on the slope of the division septum. Comparison with related species is presented.

RÉSUMÉ - *Mastigocladopsis repens* sp. nov. est décrite d'un sol calcaire provenant de Punta de la Mora, Tarragona, Espagne. Cette algue bleue Stigonématale est caractérisée par de véritables ramifications, simples ou en V renversé selon l'inclinaison de la cloison. Le nouveau taxon est comparé aux autres espèces du même genre.

RESUMEN - Se describe *Mastigocladopsis repens* sp. nov. procedente de un suelo calcareo de Punta de la Mora, Tarragona, España. Se trata de un alga azul Estigonematal que presenta ramificaciones verdaderas, dependiendo de la inclinación del plano de división el que sean laterales simples o en V invertida. Se presenta la comparación con especies próximas.

KEY WORDS : new species, Cyanophyte, *Mastigocladopsis*, reverse V-shaped branching.

INTRODUCTION

The genus *Mastigocladopsis* with the type species *M. jogensis* was described by Iyengar & Desikachary (1946) with material found growing on submerged stones in a running stream in India. They adscribed it to a new family: Mastigocladopsidaceae. The main characteristics are: trichomes sheathed with both reverse 'V' shaped and simple lateral branchings; trichomes have a single row of cells and heterocytes are intercalary, lateral or terminal. The new family differed from the Nostochopsaceae by the presence of reverse V-shaped branches. They also stated that *Hapalosiphon laminosus sensu* Seurat et Frémy (*non* Hansg.) belongs to the former genus because of the lateral heterocyte, although they did not find reverse V-branching.

Bongale (1987) described a new *Mastigocladopsis*, *M. sogalensis*, also attached to submerged stones in running waters, differing in both the shape and the size of cells and heterocytes. The thallus in all species described so far is soft, macroscopic, globular to irregularly lobed and up to 4 cm in diameter. *M. jogensis* was not found again until Hoffmann (1990) rediscovered it in a small

stream in Corsica; he described the morphology of the sample and discussed the taxonomic position of the genus.

Anagnostidis & Komarek (1990), in their new systematic approach for Stigonematales, place the genus *Mastigocladopsis* within the Geitler Nostochopsaceae family, characterized by the development of lateral and terminal heterocytes and enlarged to include V-branching and reverse Y-branching type.

During a survey of soil algae in Spain we found *Mastigocladopsis*-like creeping filaments differing from all other taxa. The new species *Mastigocladopsis repens* is described in the present report.

MATERIALS AND METHODS

Samples were collected on the 7th April 1991. Cultures were started with filaments scraped from the substrate and maintained on 1% agarized BBM medium (Bold & Wynne, 1985).

Filaments were studied in the original sample and in cultures; x is the average of all 100 counts.

Material was photographed using a Nikon Optiphot microscope.

OBSERVATIONS

Mastigocladopsis repens was found on some soils at Punta de la Mora, Tarragona in the northeast of Spain: i) in a dry crust on soft powdery calcium carbonate in an abandoned open-air quarry, where it was associated with *Schizothrix calcicola* (Ag.) ex Gom., *Plectonema boryanum* Gom., *Stigonema minutum* (Ag.) Hassal ex Born et Flah. and moss protonema, ii) under a *Pinus halepensis* tree canopy, iii) on a pathway.

***Mastigocladopsis repens* Hernández-Mariné, Fernández et Merino, sp. nov.**

Thallus viridi-caeruleus, tenuis atque sparsus, caespitose. Filamenta solitaria, flexuosa, valde ramificata, ramis quidem -tam veris quam basi comformatis ad formam literae V inversae- tenuioribus quam filamentis primariis. Cellulae axillares basis efformantes ramorum nusquam elongatae. Vagina hyalina, tenuis, in filamentorum apicibus clausa. Trichomata primaria 5-12 μm lata, sphaericis, ovoideis vel polyedricis, 3-8.5 μm longis cellulis constituta. Rami 3-5.5 μm lati, cylindricis, 5-13.5 μm longis cellulis constituti. Cellulae terminales cylindricae ad extremitates rotundae. Heterocytae intercalares, filamenti latitudine aequantes, cylindricae, truncato-ovatae vel subsphaericae, 4-16 μm longae, laterales atque sessiles vel terminales in ramulorum brevissimorum apicibus. Sporae non visae. Hormogonia mobilia quidem, ramis vel filamento ruptis exsistunt.

Thallus blue-green, caespitose, thin, sparse composed of flexuous, richly-branched filaments, with both true and reverse 'V' branches, narrower than the main filament (Figs. 1, 2). The cells of the main filament forming the V shaped base branching, never elongate. Thin hyaline sheath visible and closed at the end of the trichomes (Fig. 3). Main filaments up to 12.5 μm wide. There are two morphologically different types of cell. The main filament is built of large, pleiomorphic, barrel-shaped or rounded cells, 5 to 12 μm wide ($x = 7.3$, $\sigma = 1.2$) and 3 to 8.5 μm long ($x = 5.4$, $\sigma = 1.4$), length-width ratio 0.3 to 1.4 ($x = 0.8$, $\sigma = 0.2$) (Fig. 4), while the other cells, which compose the erect lateral branches and tips of the main filament, consisted of nearly uniform, long, nar-

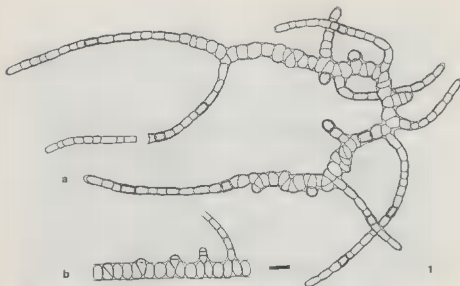


Fig. 1 - *Mastigocladopsis repens* sp. nov., field material. a: general aspect of a filament; b: sequence of reverse V shaped branching. bar = 10 μm.

row cylindrical cells, 3.0 to 5.5 μm broad ($x = 4.2$, $\sigma = 0.6$) and 5 to 13.5 μm long ($x = 8.5$, $\sigma = 2.1$), length-width ratio 1 to 3.9 ($x = 2.1$, $\sigma = 0.6$), without tapering ends. Terminal vegetative cells are cylindrical with a round tip. Heterocytes are either intercalary (Fig. 5) or lateral sessile (Fig. 6) or pedicellate (Fig. 7) on top of short branches. Intercalary heterocytes, as broad as the filament, are cylindrical, sub-cylindrical or sub-spherical, 4 to 16 μm long ($x = 7.7$, $\sigma = 2.6$); more abundant than the lateral ones, the intercalary heterocytes develop either in the main filament or in the lateral branches. Lateral heterocytes are subconical to spherical and have a diameter of 5-12 μm, they only occur on branching trichomes. Spores not observed.

Hormogonia are formed from the narrow lateral branches and the main filament tips by breaking away from the parental trichoma.

Etymology: The specific epithet *repens* is from the Latin for "creeping"

Holotype: Material deposited at the Facultatis Pharmaciae Universitatis Barcinonensis (BCF) (n° 172-6).

The description is based on wild material. In the cultured material differences between the main filaments and the branches are smaller. The cells are barrel shaped, up to 18 μm wide with length-width ratio 2.1.

DISCUSSION

The branching habit is the same for all *Mastigocladopsis* species described except for *M. fremyi* Iyengar et Desikachary which has no V shaped re-

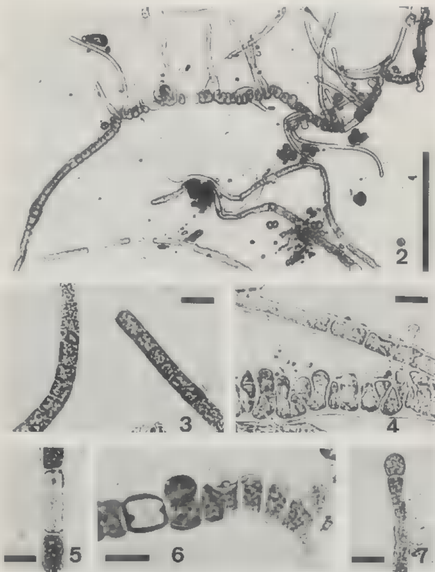


Fig. 2 à 7 - *Mastigocladopsis repens* sp. nov., field material. Fig. 2: aspect of living trichomes. Note hormogone formation. Fig. 3: terminal vegetative cells of the branches. Fig. 4: pleiomorphic cells of the main filament. Fig. 5: intercalary long heterocyte. Fig. 6: intercalary short and lateral sessile heterocytes. Fig. 7: pedicellate lateral heterocyte. (bar = 10 μm except for Fig. 2, bar = 100 μm)

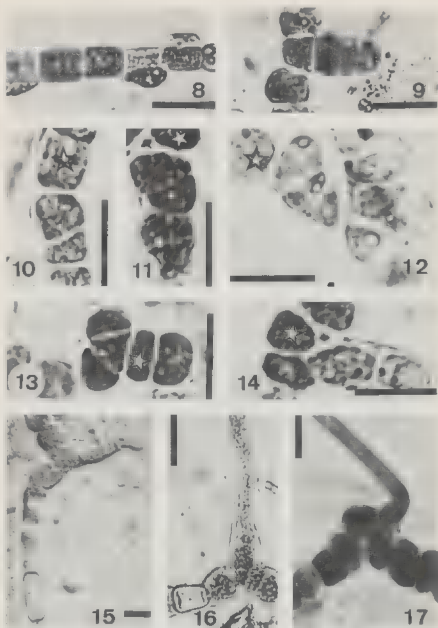


Fig. 8 à 17 - *Mastigocladopsis repens* sp. nov., field material. Figs. 8-9: sequence of true lateral branching. Figs. 10-14: sequence of reverse V-shaped branching. The basal neighbour cell is indicated by stars (see text). Fig. 15: aspect of reverse V-shaped branch under phase-contrast. Fig. 16: aspect of reverse V-shaped branch. Fig. 17: two neighbour cells are forming branches. (bar = 10 μm).

verse branches and indeed should be classified in *Nostochopsis* Wood ex Born et Flah. according to Hoffmann (1990).

Lateral branches of two kinds depend on the slope of the division septum in the main filament cells. If the septum is parallel, or nearly so, to the long axis of the filament, it causes true lateral branches (Figs. 10 to 14). If the division septum through a single cell is oblique, one of the division products and its neighbour form the V shaped base when growing. The other daughter cell maintains the connection with the two at the base and forms the branch with the next septum falling outside and above the first oblique septum, as in *Brachytrichia* (Iyengar & Desikachary, 1954). In our case the cells forming the V shaped branch base never elongate gradually (Figs. 15 to 17), unlike the other *Mastigocladopsis* species.

In Table I, the diacritical features of *Mastigocladopsis* taxa are listed. The habitat and the thallus of *Mastigocladopsis repens* are very different from other species and not even in culture does it adopt the nostochoid aspect. The main filament is wider and the length/width cell ratio is less than 1.4, whereas according to the data of other authors this ratio would be higher than 1.5. Moreover the branches are narrower and have long cylindrical cells, and the terminal cell has a round tip. The heterocytes are never wider than the vegetative cells.

The characteristics of our specimens agree with Drouet's (1981) extensive description of *Nostochopsis lobatus* Wood ex Born et Flah., although he did not mention the reverse V-shaped branching. However, neither the characteristic ecology -on limestone soil v. "clear, non calciferous, flowing freshwater streams, ditches and seepage"- nor the habit of growth -creeping on the substrate v. "more or less spherical shapes"- has ever been described in this group.

Mastigocladopsis repens fits well in the enlarged description of the Nostochopsaceae family (Anagnostidis & Komarek, 1990) except for the branches morphology. The differences between main and lateral branches are characteristic for the Fischerellaceae (Anagnostidis & Komarek, 1990). In our specimens the small cells, forming lateral branches, can divide transversally enlarging the branches. Those on the main filament, becoming bigger and having no room, have lost this property and can only divide paralely to the axis. At later stages this latter behaviour is adopted by the lateral branches. Moreover, in the cultured material the differences are smaller. The feature is thus related to the vegetative state and to the true division pattern and does not therefore justify any systematic changes.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Dr. P. Bourrelly who kindly examined our specimen and gave helpful advice and to Dr. M. Lainz for translating the Latin diagnosis. This research was supported by a grant from the CIRIT (Generalitat de Catalunya).

Species and references	#M.repens# sp. nov. This paper	#M. jogensis# Iyeng. & Desik. Iyengar & Desikachary 1946	#M. jogensis# Iyeng. & Desik. Hoffmann 1990	#M. sogalensis# Bongale Bongale 1987
Habitat	Soft powdery calcium carbonate soil	Stream submerged stones	Small stream	Stream
Thallus	Caespitose, thin	Tiny gelatinous expansions	Hollow soft colonies	Soft globular to irregular
Cell shape Main trichome	Short barrel or rounded	Long barrel	Long cylindrical	Sub-spherical to oval to cylindric
Cell shape Branches	Long cylindrical	Long cylindrical	Spherical to barrel	Long barrel?
Cell size µm Main trichome Branches	 5-12 X 3-8.5 3-5.5 X 5-13.5	 2.6-6.2 X 3.9-6.6 2-3.9 X 6.6-14.	 2-4.8 X 2.6-18 3.4-4.2 X 2.4-3.8	 4.4-8.5 wide 3.5-6.6 wide
Length/Width Main trichome Branches	 0.3-1.4 1.0-3.9	 More than 1? More than 1.5?	 More than 2? Less than 1?	 1 or more? ?
End cell shape	Cylindrical with round up	Tapering	Tapering and pointed	?
Heterocyte µm Lateral Intercalary	 5.5-9.4 ϕ 5-12 X 4-16	 3.9-6.6 X 5.2-10.5 3.9-7.2 ϕ	 6.2-9.6 X 5.4-12 ?	 6.5 11 ϕ 5.6 X 4.5-7.5

Table 1.- Comparison of the described *Mastigocladopsis* species.

REFERENCES

ANAGNOSTIDIS K. & KOMAREK J., 1990 - Modern approach to the classification system of Cyanophytes 5 - Stigonematales. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl. 86. *Algological Studies* 59: 1-73.

BOLD H.C. & WYNNE M.J., 1985 - *Introduction to the algae. Structure and reproduction*. 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

BONGALE U.D., 1987 - A new species of *Mastigocladopsis* Iyengar et Desikachary, *M. sogalensis* sp. nov. *Phykos* 26: 36-38.

DROUET F., 1981 - Revision of the Stigonemataceae with a Summary of the Classification of the Blue-Green Algae. *Beih. z. Nova Hedwigia* 66: 1-221.

HOFFMANN L., 1990 - Presence of *Mastigocladopsis jogensis* (Cyanophyceae, Mastigocladopsidaceae) in Corsica (France). *Cryptogamie, Algol.* 11: 219-224.

IYENGAR M.O.P. & DESIKACHARY T.V., 1946 - *Mastigocladopsis jogensis* gen. et sp. nov., a new member of the Stigonemataceae. *Proc. Indian Acad. Sci.* B, 24: 55-59 + pl.1.

IYENGAR M.O.P. & DESIKACHARY T.V., 1954 - On the mode of development of reverse "V" shaped branching in Myxophyceae. *VIII Congress Internat. Bot.*, Paris, Rapp. et Comm. sect. 17: 104-106.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DU NANOPLANCTON MARIN DE L'ARCHIPEL DES KERGUELEN (T.A.A.F.).

Hubert HÉDOIN et Alain COUTÉ

Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 12 rue Buffon, 75005 PARIS

RÉSUMÉ - Les auteurs présentent les résultats d'un premier inventaire du nanoplancton du golfe du Morbihan, dans l'archipel des Kerguelen. Les observations à l'aide du microscope électronique à balayage aboutissent à la distinction de 58 taxons, dont 23 sont identifiés au niveau spécifique. Ils appartiennent aussi bien au compartiment zoonanoplanctonique que phytonanoplanctonique. Certains d'entre eux, comme les Parmales *Triparma laevis* et *Tetraparma pelagica*, n'ont jamais été décrits auparavant dans cet archipel. D'autres n'ont pu être déterminés et pourraient être nouveaux pour la science. Une tentative d'estimation quantitative des populations est proposée.

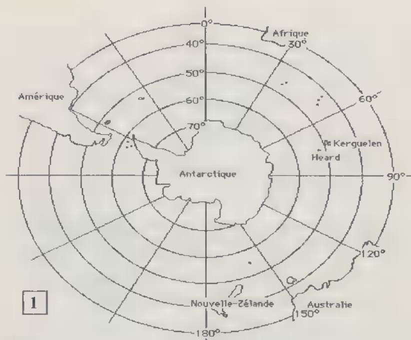
ABSTRACT - The results of an inventory concerning the nanoplankton of the "Golfe du Morbihan", in Kerguelen archipelago, are presented. Scanning electron microscopy allowed the observation of 58 taxa, 23 of which were identified to the species level. They either belong to phyto- or zoonanoplankton. Some of them, as *Triparma laevis* and *Tetraparma pelagica* (Parmales), are new for this part of the world. An attempt is made for a quantitative estimation of the populations.

MOTS CLÉS : Nanoplancton marin, Kerguelen, Subantarctique, microscopie électronique à balayage, morphologie, systématique.

INTRODUCTION

Peu d'études taxinomiques du phytoplancton ont été faites, jusqu'ici, dans l'archipel des Kerguelen (Terres Australes et Antarctiques Françaises) (O'Meara, 1876; Heiden & Kolbe, 1925). Aucune ne s'est intéressée aux organismes nanoplanctoniques. En effet, en raison de la petite taille de ses représentants (entre 2 et 20 μm), ce groupe, dénommé nanoplancton par Lohmann en 1909, passe souvent inaperçu. Or son importance dans l'écosystème océanique, aussi bien quantitative que qualitative, est maintenant reconnue. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes intéressés à ce compartiment de la chaine alimentaire, pour la zone du golfe du Morbihan, dans l'archipel des Kerguelen.

Par sa localisation géographique particulière (fig. 1), cette région subit des influences climatiques et océaniques variées, en relation avec la situation des fronts subtropical et antarctique. Ces fronts, qui se juxtaposent à cette longitude, se situent soit au nord, soit au sud des îles, selon la saison (Bernard & Lecal, 1960; Zernova, 1970; Kopozynska *et al.*, 1986). Le golfe du Morbihan, isolé de la pleine mer par une passe relativement étroite (fig. 2) et une remontée du fond à -30 m seulement, présente des caractéristiques différentes de celles de l'océan



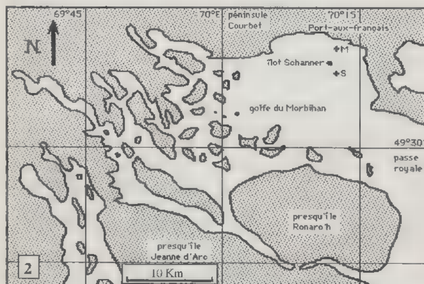


Fig. 1: régions antarctiques et situation de l'archipel des Kerguelen.

Fig. 2: golfe du Morbihan. Les stations de prélèvement sont repérées par des croix (point Marion, M. et ilot Schanner, S).

environnant. La température y est plus variable qu'au large, et la salinité y subit de fortes variations par le fait de forts apports fluviaux.

Ce travail ne constitue qu'une approche préliminaire de la nature et des successions des peuplements nanoplanctoniques dans le golfe du Morbihan.

MATÉRIEL et MÉTHODES

Prélèvements

La station de prélèvement (M) est localisée à proximité de la base de Port-aux-Français (fig. 2). Les échantillons d'eau ont été prélevés à partir d'une embarcation, à l'aide d'une bouteille Niskin de cinq litres, avec une fréquence hebdomadaire, de janvier à décembre 1989, ce qui correspond approximativement à 40 semaines d'études. Chaque série de prélèvements a consisté en des prises d'eau en surface, à -10 et à -20 mètres. Ainsi, au cours de l'année 1989, 120 échantillons de cinq litres ont été récoltés. Ils ont été conservés dans des bidons de plastique alimentaire, ramenés au laboratoire le plus rapidement possible et gardés en chambre froide. Un prélèvement a été effectué occasionellement le 20 février, au point S, situé plus près de la passe Royale.

Filtration et fixation

Les filtrations ont, en général, été effectuées dans l'heure qui suivait le prélèvement. Les filtres Millipore utilisés avaient un diamètre de 13 ou 25 μm, et une porosité de 0,22, 0,45 ou 0,80 μm. Après homogénéisation par agitation et préfiltration sur une toile de 100 μm de vide de maille pour éliminer les particules de grande taille, des volumes de 10 ou 100 ml des prélèvements ont été filtrés, à l'aide d'une seringue, sur support Swinnex. La pression était maintenue la plus faible possible, pour réduire les risques d'endommager les organismes. Les filtres encore humides ont été plongés dans le fixateur (solution à 2 ‰ final de glutaraldéhyde dans du tampon cacodylate de sodium (0,2 M à pH 7)), préparé avec de l'eau de mer du lieu de prélèvement filtrée au préalable sur Millipore de porosité 0,22 μm. Le matériel fixé a été conservé tel quel à 4°C.

Préparations pour microscopie photonique (= M.P.)

Ces préparations ont été réalisées pour servir de documents de référence et déterminer les filtres intéressants à observer en M.E.B.. Elles ont été confectionnées avec des fragments de filtres dont le diamètre était de 25 μm et les porosités de 0,45 et 0,80 μm. Des volumes de 100 ml ont été filtrés. Cinq heures après la fixation, le filtre a été rincé délicatement à l'eau distillée. Plusieurs portions en ont été découpées, puis colorées à l'hématoxyline de Short ou au violet de crésyl (Langeron, 1949; pages 567 et 579), qui permettent une bonne coloration globale des organismes. Elles ont ensuite été déshydratées progressivement à l'éthanol puis à l'acétone, et montées entre lame et lamelle, dans une résine synthétique, le Malinol, 3C242. Celle-ci rend le filtre transparent de sorte que la matière qui le compose ne gêne quasiment plus l'observation à l'aide du microscope photonique.

Préparations pour microscopie électronique à balayage (= M.E.B.)

Les résultats présentés ont été obtenus à partir de ces préparations. Elles ont été réalisées avec les filtres de 13 mm de diamètre et de 0,22 μm de porosité. Cette dernière a été choisie de façon à retenir les organismes de très petite taille.

Les diamètres du filtre et du porte-objet du microscope électronique à balayage coïncident. Les volumes filtrés ont été, pour tous les filtres observés en M.E.B., 10 ml, et la surface filtrante 69,4 μm^2.

Après 24 heures de fixation, les filtres ont été disposés dans des tubes d'Ependorf de 1 cm de diamètre et 3,5 cm de hauteur, la face portant les cellules tournée vers l'intérieur du tube. Ils ont été maintenus dans le fixateur jusqu'à leur étude.

Pour réaliser la déshydratation, ces tubes ont été percés de petits trous pour permettre les échanges de liquides, et placés dans des piluliers. Les filtres ont ainsi pu être rincés, sans turbulences, à l'eau distillée, pour éliminer toute trace de fixateur et de sel. Ils ont ensuite été déshydratés à l'aide de solutions aqueuses d'éthanol (deux à trois heures pour chaque bain) de concentration croissante, jusqu'à l'alcool absolu. Ils ont ensuite été traités par la méthode dite du point critique, à l'aide de dioxyde de carbone liquide puis montés sur porte-objet avec de l'adhésif double face et métallisés à l'or-palladium. Les observations et les microphotographies ont été réalisées sur le microscope électronique à balayage JEOL JMS 840 A, du Service Commun des Laboratoires des Sciences de la Vie du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Pour l'étude systématique, 17 filtres ont été étudiés au microscope électronique à balayage. Ces derniers ont été choisis de façon à donner une idée des différences de densité et de composition du nanoplancton au cours de l'année, en tenant compte des observations optiques préalables.

Des essais de comptage ont été tentés à partir de photographies. Ils ont porté sur des filtres où les taxons étaient facilement identifiables et en nombre significatif. Les grossissements retenus ont été: 3000 pour les bactéries, 300 pour la plupart des Diatomophycées pennées et 200 pour les plus grosses de ces dernières ainsi que pour les Euglenophytes. Les numérations ont été faites sur la surface de 10 microphotographies (Hill & Hawkins, 1990). La moyenne des valeurs obtenues a été rapportée à la surface totale du filtre donnant ainsi une estimation du nombre d'individus présents dans le volume filtré. Le tout a été ensuite ramené au litre.

RÉSULTATS

les essais de comptage ont permis de donner une première idée des concentrations des organismes les plus abondants. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Espèces rencontrées

Parmi les 58 taxons observés, 40 ont pu être rattachés à un groupe et 23 seulement ont été identifiés à l'espèce. Pour certains, les forts grossissements nécessités par les faibles dimensions cellulaires, n'ont pu être utilisés en raison de la mauvaise adhérence des cellules sur le support. Pour d'autres, non observés dans les préparations de microscopie photonique, l'impossibilité de distinguer leur éventuelle pigmentation, a empêché de trancher quant à leur rattachement au règne animal ou végétal. Certains, enfin, sont sans doute inconnus pour la science, et il a été impossible de déterminer leur position systématique.

Date	Organismes dénombrés	Grandissement utilisé	Surface de l'aire de comptage (μm^2)	Résultats millions.l^{-1}
[redacted] avril 1989	Bactéries	x 3000	1 161,3	720
22 juillet 1989	Bactéries Anisonema sp. Navicula sp.1 Nitzschia sp.	x 3000 x 300 x 300 x 300	1161,3 116,13 116,13 116,13	520 absents 0,6 1,4
11 octobre 1989	Anisonema sp. Navicula sp. 1 et Nitzschia sp.	x 200 x 200	1714,3 1714,3	0,3 1,5

Tableau 1: résultats des essais de comptage.

Liste des taxons rencontrés au cours de l'étude des échantillons.

PHYTOPLANCTON

Diatomophycées centriques

- *Chaetoceros cinctus* (spore de repos) Gran, 1897.
- *Minidiscus chilensis* Rivera et Koch, 1982.
- *Porosira glacialis* (Grünow) Jorgensen, 1905.
- *P. pseudodenticulata* (Hustedt) Zhuse *et al.*, 1962.
- *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, 1873.
- *Thalassiosira minima* Gaarder emend. Hasle, 1973.
- *T. oceanica* Hasle, 1983.

Diatomophycées pennées

- *Achnantes marginulata* Grünow. In Cleve & Grünow, 1880.
- *A. minutissima* Kützing, 1833.
- *Achnantes* Bory de St Vincent, 1822 sp.
- *Cocconeis costata* Gregory, 1855.
- *C. diminuta* Pantocsek, 1902.
- *C. scutellum* var. *ampliata* Grünow. In Van Heurck, 1880 à 1885.
- *C. scutellum* var. *ornata* Grünow. In Van Heurck, 1880 à 1885.
- *C. stauroneiformis* (Smith) Okuno, 1957.
- *Cocconeis* Ehrenberg sp. (cf. *californica* var. *kerguelensis* Heiden & Kolbe, 1925)
- *Fragilaria* Bory de St Vincent 1822 sp.
- *Navicula* Bory de St Vincent emend. Cox 1979, sp 1.
- *Navicula* Bory de St Vincent emend. Cox 1979, sp 2.
- *Nitzschia frustulum* var. *perminuta* Grünow. In Van Heurck, 1880 à 1885.
- *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* Grünow, 1862.

Chrysophycées

- *Tetraparma pelagica* Booth & Marchant, 1987.
- *Triparma laevis* Booth & Marchant, 1987.

Euglenophycées

- *Anisonema* Dujardin, 1841 sp.

Prasinophycées

- *Pyramimonas* Schmarda, 1849 sp.

Chlorophycées.

- *Chlamydomonas* Ehrenberg 1835 sp.

ZOOPLANCTON

Choanoflagellés

- *Acanthoecopsis unguiculata* Thomsen, 1973.
- *Bicosta* Leadbeater, 1978 sp.
- *Calliacantha multispina* Manton et Oates, 1979.
- *Diaphanoeca grandis* var. *minor* Ellis, 1930.
- *Parvicorbicula socialis* Meunier, 1910.
- *Stephanoeca diplocostata* var. *paucicostata* Throndsen, 1969.

Héliozoaires

- *Pinaciophora denticulata* Thomsen, 1978.

INDÉTERMINÉS

- Prasinophycées: 1.
- Chrysophycées: 1.
- Cryptophycées: 1.
- Euglenophycées: 1.
- Ciliés: Hypotriche: 1, Oligotriche: 1, Stichotriche: 1.
- Flagellés divers: 6 indéterminés.
- Formes amiboïdes: 3.
- Formes coccoïdes ou kystes: 8.
- Forme non rattachée à un groupe: 1.

Quelques espèces sont présentées pour illustrer la diversité du nanoplancton marin de l'archipel des Kerguelen. Ce sont soit les espèces les plus fréquentes, soit celles qui sont rencontrées pour la première fois dans l'archipel, ou encore des espèces inconnues.

PHYTONANOPLANCTON

CHROMOPHYTES

Diatomophycées

***Cocconeis scutellum* var. *ornata* Grünow. Fig. 8**

Valve elliptique de 22,5 µm de longueur et 17,5 µm de largeur. Sur la valve sans raphé, les aréoles sont circulaires, disposées en lignes longitudinales parallèles au pseudoraphé (flèche simple), jusqu'au bord de la valve. Elles forment des rangs plus ou moins radiaires, courbés vers les parties apicales. Pseudoraphé étroit et linéaire. Dans cette variété, les valves observées ont 9

aréoles en 10 μm dans les lignes longitudinales et 9 lignes dans les rangées radiaires, en 10 μm. Les rangs d'aréoles se divisent seulement en deux au bord de la marge (flèche double), ce qui distingue ce taxon de la variété *ampliata* Grünow, aussi présente dans nos échantillons, et dont les rangs forment une aire finement ponctuée.

Cette espèce est d'affinité benthique, se développant parfois sur le substrat, comme le présentent Poulin *et al.* (1984 a) dans l'étude en M.E.B. des Diatomophycées des zones côtières du Québec.

Cocconeis **Ehrenberg sp. (cf. *californica* var. *kerguelensis* Heiden et Kolbe) Fig. 6 et 7**

Seules des valves sans raphé ont été observées. Elles sont elliptiques à ovales (9 à 16 μm de longueur, et 5,5 à 10,5 μm de largeur). Valves planes, avec une dépression longitudinale le long de l'axe apical (flèche simple). Aréoles ovales à linéaires. 13 à 19 en 10 μm, en rangs parallèles longitudinaux. Le premier rang de chaque côté correspond à la dépression longitudinale. Un cercle marginal de deux rangs d'aréoles (10 à 12 en 10 μm) proche du bord de la valve. L'aréole la plus proche du bord est plus petite (flèche double). Une aire hyaline peut séparer les rangs longitudinaux du cercle marginal. Dans les valves les plus petites, cette aire est réduite jusqu'à être indistincte (fig. 6). Cette espèce est plutôt localisée dans les zones côtières, comme le montre l'étude de Poulin *et al.* (1984 a) qui présente également des observations en M.E.B.. Elle a déjà été rencontrée dans le golfe du Morbihan par Riaux-Gobin (comm. pers.).

Minidiscus chilensis **Rivera et Koch. Fig. 10**

Valve circulaire de 2,5 à 3,5 μm de diamètre. Aire centrale entourée par une élévation externe (flèche simple). Pas de processus marginaux. Trois processus renforcés, éloignés de la marge, définissant un triangle isocèle, et dont deux sont situés au sommet de l'élévation. Entre ceux-ci, se situe un processus labié (flèche double), bien reconnaissable sur la photographie par sa forme allongée.

Cette espèce a été trouvée dans des zones côtières, en Argentine et au Chili et décrite au M.E.B. (Rivera & Koch, 1982; Ferrario, 1988). Elle n'a pas été signalée dans l'archipel des Kerguelen auparavant.

Navicula **Bory de St Vincent emend. Cox sp. 1. Fig. 4**

Espèce très fréquente. Dans l'étude de Riaux-Gobin & Chrétiennot-Dinet (1988) concernant les Diatomophycées benthiques marines de l'archipel des Kerguelen, elle est signalée comme toujours présente, sans fluctuations quantitatives significatives, dans les sédiments du golfe du Morbihan.

Valves elliptiques lancéolées, de 8,5 à 11 μm de longueur, pour 2,5 à 4,5 μm de largeur. Ponctuations disposées parallèlement à l'axe longitudinal, en rangs parallèles à l'axe transapical. 16 à 24 stries en 10 μm, chacune comprenant 30 à 50 ponctuations en 10 μm. Le raphé est courbe à ses extrémités, délimitant ainsi des nodules apicaux (flèche simple). Il se termine à la limite de l'aire centrale, par un pore. Aire axiale étroite, rectiligne. Aire centrale dilatée latéralement, formant ainsi une surface hyaline rectangulaire, limitée de chaque côté par une strie réduite (flèche double). Une forme de Diatomophycée très semblable est présentée dans l'étude de Buck & Garrison (1983) des protistes de la région de la mer de Weddell (Antarctique), à l'aide du M.E.B.. *Navicula* sp. 2 que nous avons également rencontrée, est beaucoup moins fréquente.

***Nitzschia frustulum* var. *perminuta* Grünow, in Van Heurck. Fig. 3**

Espèce de Diatomophycée rencontrée très fréquemment dans la majorité des échantillons (longueur: 16 à 21 μm; largeur: 2,5 à 3 μm). 29 stries en 10 μm. Les ponctuations sont disposées en rangs réguliers longitudinaux (4 ou 5 sur la largeur de la valve). Ce taxon a été décrit par Hustedt (1942), comme une forme très largement répandue et d'une grande variabilité. En effet, cet auteur décrit des frustules dont la taille varie de 15 à 50 μm de longueur, selon l'origine géographique (Laponie; lac de Luzon). Elle est également présente dans les lacs salés de l'Utah (U.S.A.), à proximité de sources chaudes (Kaczmarska & Rushforth, 1982).

Dans nos échantillons, cette espèce est dominante. Au mois d'août 1989, c'est à dire en plein hiver, elle constitue une partie importante de la flore nanoplanctonique. Elle est accompagnée de *Navicula* sp.1. en quantité moindre. D'après les observations en microscopie photonique, ces taxons semblent plus représentés dans la couche d'eau voisine de la surface que dans celle située plus près du fond, à -20 m.

***Thalassionema nitzschioides* var. *parva* Grünow. Fig. 5**

Valves linéaires avec apex obtus (14 à 17 μm de longueur et 3 à 3,7 μm de largeur). Une seule rangée d'aréoles périphériques (flèche) à l'aspect trilobé très particulier, en bordure de la valve (11 à 15 areoles en 10 μm).

Espèce rare ici, rencontrée à deux reprises seulement dans cette étude. Elle apparait en M.E.B. dans une étude des algues benthiques littorales de Poulin *et al.* (1984 b), et dans l'inventaire des Diatomophycées sédimentaires de la mer du japon, de Tsoy (1988). Manguin (1954, microscopie photonique) a mentionné des individus de ce taxon, de petite taille, à Heard, situé a 200 Km au sud de l'archipel des Kerguelen. De même, sa présence a été signalée à Kerguelen dans l'inventaire de Heiden & Kolbe (1925).

***Thalassiosira minima* (Gaarder) Hasle. Fig. 9**

Cellule circulaire en vue valvaire (diamètre: 4 à 7 μm). Le cingulum peut se développer jusqu'à recouvrir le manteau. Il porte deux rangs de ponctuations fines (8 à 9 en 10 μm). Face valvaire plane à légèrement déprimée dans sa partie centrale. Dans cette zone, les aréoles sont plus ou moins hexagonales. Leur taille diminue du centre vers le bord de la valve: 2 à 2,5 en 1 μm au centre, et 4 en 1 μm près du bord. Elles présentent un foramen externe circulaire plus ou moins constricté. Un processus central et un rang de processus renforcés marginaux, séparés du bord par une aréole. A peu près quatre processus en 10 μm (flèche simple); 6 à 8 processus renforcés par valve. Un processus labié marginal (flèche double) dont l'extension externe du tube est plus importante que celle des processus renforcés. Il est situé entre deux processus renforcés, légèrement décalé vers l'un d'eux.

Les valves observées ont une taille légèrement inférieure à celle décrite par Hasle (1980) à l'aide d'observations en M.E.B., et présentent des aréoles légèrement plus importantes. De plus cet auteur décrit deux processus centraux, rarement un ou trois. Ici, toutes les valves observées n'ont qu'un processus central (flèche triple). La répartition de cette espèce, conspécifique avec *T. floridana*, est détaillée dans l'étude de Hasle (1976). *T. minima*, identifié avec certitude grâce aux forts grandissements autorisés par le M.E.B., n'a encore jamais été décrit dans l'archipel des Kerguelen.

Remarque: des spores de repos, dont l'ornementation et la taille sont très semblables à celles des frustules de *T. minima*, ont été récoltées dans le prélèvement du 20 février 1989, à proximité de l'îlot Schanner (fig. 2, station S), en surface. Il pourrait donc s'agir des statospores de cette espèce, qui n'ont, jusqu'à présent, jamais été décrites.

Chrysophycées

***Tetraparma pelagica* Booth et Marchant. Fig. 11**

Plusieurs de ces organismes, appartenant à l'ordre des Parmales, ont été rencontrés dans les prélèvements du 29 mai et du 22 juillet 1989, en nombre plus important dans ce dernier. Cellules sphériques, de 2,7 à 3 µm de diamètre, recouvertes de plaques siliceuses circulaires (diamètre: 1,8 à 2,3 µm) ou triradiées (à bras de 1,0 à 1,2 µm de longueur). Ces plaques, ainsi que leurs bords qui sont légèrement surélevés, présentent des papilles. Les plaques circulaires portent en leur centre une épine de 0,3 µm de longueur (flèche). Espèce observée, à notre connaissance, seulement dans le Pacifique antarctique (Nishida, 1979), le nord Pacifique (Booth *et al.*, 1980), et à proximité du continent antarctique (Buck & Garrison, 1988).

***Triparma laevis* Booth et Marchant. Fig. 12**

Une seule cellule de cette espèce de Parmales a été rencontrée (prélèvement du 29 mai 1989). Elle est de forme sphérique (3 µm de diamètre), et porte des expansions siliceuses en forme d'ailes (flèches). Cette espèce a déjà été observée auparavant (Nishida, 1979; Booth *et al.*, 1980; Buck & Garrison 1988) dans les mêmes localisations que *Tetraparma pelagica*. Elles ont toutes deux été décrites uniquement à l'aide de la M.E.B..

Euglenophycées

***Anisonema* Dujardin sp. Fig. 15**

La cellule, de 50 µm de longueur, porte des stries longitudinales (environ 20) légèrement spiralées sur la partie la plus postérieure. Elle présente une gouttière, et l'orifice d'où émergent les deux flagelles est subapical. Le plus long et le plus épais de ces appendices mesure 65 µm de longueur et 1,5 µm de diamètre à la base. Il porte des mastigonèmes, apparemment alignés sur un seul côté (flèche). Le plus court n'atteint que 40 µm de longueur, au maximum, et n'est pas rigide comme le plus grand, qui atteint 60 µm. Certains individus possèdent une striation double, chaque strie étant formée de deux plis. Ils appartiennent peut-être à une deuxième espèce.

Bien que les eugléniens de ce genre se trouvent généralement plutôt dans le sédiment, nous avons ici une forme qui est, au moins temporairement, planctonique. Elle se situe dans la même couche d'eau que *Nitzschia frustulum* et *Navicula* sp. 1. En microscopie photonique, il apparaît que cet organisme ingère des Diatomophycées de petite taille. On peut donc penser que, comme beaucoup d'Euglenophytes incolores, cette espèce consomme certains éléments du nanoplancton. Ils jouent sans doute un rôle important dans la chaîne trophique et par son grand nombre, participe peut-être de façon active aux fluctuations des populations de microalgues.

Prasinophycées

***Pyramimonas* Schmarda sp. Fig. 13**

Observé en M.P. et en M.E.B., cet organisme se reconnait aisément grâce à sa morphologie caractéristique qui présente un cratère au fond duquel sont insérés les quatre flagelles. Cellule de 5 à 6 µm de longueur, et de 5 à 6 µm de diamètre. Les quatre flagelles sont égaux et atteignent environ 10 µm de longueur. La cellule porte des petites écailles d'environ 0,2 µm de diamètre (flèche), disséminées à la périphérie du corps cellulaire. L'impossibilité d'observer leur ornementation interdit la détermination de l'espèce.

Rencontrée à la fin de l'automne et au printemps en abondance (plus de 20 cellules rencontrées par préparation, les 08 mai, 25 sept., 11 oct. et 29 nov.).

ZOONANOPLANCTON.

Choanoflagellés

Ce sont des organismes incolores, présentant une collerette qui encercle un flagelle. La cellule est entourée d'une logette caractéristique, la lorica, faite de baguettes siliceuses. Bien que certaines études en M.E.B. aient présenté des Choanoflagellés (Throndsen, 1973; Hallegraeff, 1983), la plupart de ces organismes sont étudiés à partir d'observations faites en microscopie photonique ou en microscopie électronique à transmission.

***Acanthoecopsis unguiculata* Thomsen. Fig. 16**

Organisme solitaire de 10 à 13 µm de longueur, avec la lorica. Celle-ci porte 11 à 15 épines antérieures (flèche) issues de côtes longitudinales, et entoure la cellule (4 à 5 µm de longueur et 2,5 à 3 µm de diamètre). Les côtes transversales sont disposées en spirales irrégulières et sont plus resserrées dans la partie antérieure, à la base des épines.

Espèce déjà rencontrée en Norvège, à plusieurs reprises (Thomsen, 1973; Buck & Garrison, 1988. Microscopie électronique à transmission). Elle n'a pas été décrite auparavant dans l'archipel des Kerguelen.

***Parvicorbicula socialis* Meunier. Fig. 18**

L'aspect de nos exemplaires est semblable à celui décrit par Meunier (1910) en microscopie photonique et par Throndsen (1970) en microscopie électronique à transmission: une cellule entourée d'une lorica simple. Cette dernière est constituée de 2 côtes transverses seulement et de 9 côtes rayonnantes. En diamètre, la première côte transverse (flèche simple) atteint 9 µm, la deuxième (flèche double) 4 µm, tandis que le corps cellulaire (flèche triple) ne mesure que 2,5 µm. Toutefois, bien que ce dernier ait pu varier lors du traitement par le point critique, la cellule est nettement plus petite que celle décrite par les auteurs précédents. Cette espèce est très largement répandue: Mer de Kara (océan arctique, Meunier, 1910), Terre François-Joseph, détroit du Danemark et côte est du Groënland (Braarud, 1935), sud de la Nouvelle Ecosse, Atlantique entre l'Irlande et le Portugal (Gaarder, 1954) et Terre Adélie, Antarctique (Deflandre, 1960). Elle n'a jamais été décrite auparavant dans l'archipel des Kerguelen.

***Stephanoeca diplocostata* var. *paucicostata* Throndsen. Fig. 17**

Organisme solitaire entouré d'une lorica constituée de deux chambres sphériques: une antérieure (7 µm de longueur; flèche simple) et une postérieure, plus petite (6 µm de longueur; 6 à 7,5 µm de diamètre). La cellule (2,5 µm de longueur et 2 µm de diamètre) est située entre les deux chambres. Environ 15 côtes plus ou moins longitudinales sont dénombrées, et la partie postérieure comporte quatre côtes transverses. A la base de la chambre postérieure, se trouvent deux côtes transverses accolées (flèche double). L'aspect et l'arrangement des côtes peuvent être très désordonnés. Comme *Acanthoecopsis unguiculata*, cette espèce a déjà été rencontrée dans les eaux norvégiennes (Throndsen, 1969; Thomsen, 1973. Microscopie électronique à transmission). Elle n'a pas été signalée auparavant dans l'archipel des Kerguelen.

Héliozoaires

***Pinaciophora denticulata* Thomsen. Fig. 19**

Unicellulaire sphérique dont le corps, couvert d'écailles, émet des pseudopodes rayonnants. En microscopie photonique, les écailles sont peu visibles (3 à 3,5 µm de diamètre). La reconnaissance spécifique ne peut se faire que par l'ultrastructure de ces écailles. Elles seules ont été rencontrées au cours de cette étude. Elles sont percées de cinq (parfois six) trous circulaires (0,4 µm de diamètre) disposés sur un cercle concentrique dans la partie médiane de la plaque. Un trou central, legèrement plus petit (0,3 µm), est toujours présent. A la périphérie des écailles se trouve une plage de 0,3 à 0,4 µm de largeur, occupée par des perforations très fines (flèche). Le bord des écailles forme un léger bourrelet.

Thomsen (1978, microscopie électronique à transmission) a montré la nature de ces écailles et leur appartenance à une espèce d'Héliozoaires. Précédemment, ces écailles avaient été assimilées au genre de Diatomophycées *Potamodiscus* (Gerloff, 1968; Nishida, 1979; 1985). Thomsen a décrit un deuxième type d'écailles, très difficile à repérer à cause de sa petite taille, et non observé ici. Cette espèce, signalée par Thomsen (1979) à proximité de la Finlande, n'a encore jamais été décrite dans l'archipel des Kerguelen.

ORGANISMES INDÉTERMINÉS.

Certaines formes sont vraisemblablement nouvelles pour la science. Le petit nombre d'exemplaires observés, l'impossibilité de savoir s'ils sont photosynthétiques ou non, ou la qualité insuffisante des clichés, ne permettent pas de trancher quant à leur position taxinomique. Une étude complémentaire pourra permettre, vraisemblablement, de les classer. Quelques uns sont présentés ici pour information.

Espèce indéterminée 1. Fig. 20

Organisme rencontré en très petit nombre, dans les prélèvements des 20 février, 24 avril, 29 mai, 17 août et 18 septembre. D'après les observations en M.P., la cellule semble incolore et, à la périphérie, seules les bases des épines sont visibles. En M.E.B., la cellule apparait circulaire, aplatie (2 à 3,5 µm de diamètre). La surface est plane ou concave, et présente des perforations de très petit diamètre, inférieur à 0,05 µm. Le bord de la cellule porte une couronne de 12 à 14 "épines" ou "soies" rayonnantes, qui atteignent 6 µm de longueur pour un diamètre extrêmement faible (environ 0,07 µm). Elles sont régulièrement

réparties ou accolées deux à deux. Ces appendices sont coniques à la base et portés par un pédicelle court (flèche), de 0,2 μm de hauteur environ. Une petite collerette sépare le pédicelle de la base de l'épine. La nature de ces épines et de l'enveloppe cellulaire pourrait être connue grâce à l'utilisation d'une microsonde.

Formes amiboïdes. Fig. 21

Plusieurs espèces se distinguant les unes des autres par la taille et la forme générale, ont été rencontrées. Certaines sont apparues en nombre assez important dans certaines récoltes. Bien que leur taille soit souvent supérieure à 20 μm, essentiellement à cause du développement des pseudopodes (flèche), ces organismes peuvent passer à travers les mailles du filet grâce à leur grande plasticité.

La détermination de ce groupe est très délicate, fondée en partie sur les mouvements de l'organisme au cours du déplacement et sur l'aspect du cytoplasme. Leur appartenance au règne végétal ou animal reposant sur la présence ou l'absence d'un appareil plastidial pigmenté, impossible à préciser au M.E.B., serait à étudier par des observations sur le matériel vivant.

Cryptophycées Fig. 14

Une seule cellule a été vue, de forme ovoïde, dans le prélèvement du 11 janvier 1989. Le corps cellulaire (4,7 μm de longueur pour 3 μm de largeur) est couvert d'écailles hexagonales, qui se chevauchent en partie. Celles-ci sont semblables à ce qu'on peut trouver dans la genre *Cryptomonas*, d'après Santore (1984), mais la taille de l'organisme est nettement inférieure. La zone visible de ces écailles mesure 0,5 μm de longueur.

Selon Booth (1988), Cryptophycées et Dinophycées sont prédominantes dans le Pacifique subarctique. Il ne semble pas en être de même ici.

DISCUSSION

Avantages et inconvénients.

Grâce à la méthode utilisée, une détermination des espèces de taille inférieure à 10 μm a été rendue possible. De plus, seul ce mode d'investigation permet le repérage des très petits organismes. De même, la bonne conservation du matériel offre la possibilité de reconnaitre certaines structures. En revanche, pour les organismes dont la morphologie ne suffit pas pour conclure sur leur position systématique, l'absence de vues des structures internes et des pigmentations éventuelles de plastes nuit à la détermination. Enfin, les préparations sont longues et les résultats ne sont obtenus que longtemps après les prélèvements. Ceci empêche la réalisation de nouveaux échantillonages qui pourraient être nécessaires.

Ainsi, sur les 58 taxons observés, 25 n'ont pu être identifiés. Le type d'informations apportées par la microscopie électronique à balayage, et la difficulté de repérer des organismes aussi ténus en microscopie photonique, n'ont pas permis de faire des corrélations entre les observations faites par ces deux modes d'investigation. Pour mener à bien ces déterminations, des études ultérieures s'avèrent nécessaires, avec d'autres moyens, comme la microscopie à épifluorescence, qui pourrait permettre de connaitre la pigmentation éventuelle de ces organismes, la microscopie électronique à transmission, ou l'utilisation de

micro-sondes couplées au microscope électronique à balayage (Booth, 1988) qui viendraient compléter les éléments déjà acquis au cours de ce travail.

Les essais de comptage ont été faits sur un petit nombre d'espèces. Pour les taxons les moins abondants, il serait nécessaire d'obtenir une plus grande densité sur le filtre, de façon à avoir un échantillonage statistiquement représentatif (Genkal, 1989). Un tel problème ne s'est pas posé pour les groupes dénombrés ici, les plus abondants, la moyenne étant faite sur des quantités s'échelonnant de 80 à 500 individus.

Répartition des espèces.

Les observations effectuées sur les échantillons de nanoplancton récoltés dans le golfe du Morbihan, bien que restreintes puisque limitées à 17 filtres, permettent cependant de tirer quelques conclusions et de faire des comparaisons avec des études antérieures. Le nanoplancton du golfe est majoritairement composé de Diatomophycées accompagnées de quelques flagellés. Booth (1988), dans le Pacifique Nord, a observé le contraire: la majorité de la chlorophylle était due aux phytoflagellés. Dans notre cas, un prélèvement effectué le 20 février, plus près de la passe Royale (fig. 2, station S), permet de constater que les flagellés étaient plus nombreux hors du golfe et que leur nombre allait décroissant vers le fond de celui-ci. Ces organismes sont sans doute peu résistants aux variations de température ou de salinité des eaux du golfe.

Les Diatomophycées pennées sont habituellement d'origine benthique (Riaux-Gobin, comm. pers.). Leur abondance dans les couches d'eau de surface pourrait être due à leur remise en suspension par l'effet de l'hydrodynamisme qui les séparerait de leur support, fond ou frondes de *Macrocystis pyrifera* très nombreuses dans la zone de prélèvements. La turbidité de l'eau, plus forte ici que dans les régions océaniques voisines, pourrait aussi confiner ces espèces photosynthétiques à proximité de la surface.

En comparant avec des études faites en milieu pélagique dans des régions proches de ces îles (Sournia *et al.*, 1979; Nishida, 1986), nous constatons, ici, la prédominance d'une Diatomophycée autre que celles trouvées hors golfe: *Nitzschia cylindrus* (Grünow) Hasle, et *N. pseudonana* Hasle. Il apparaît, d'autre part, que les Dinophycées, pourtant présentes dans la région de l'archipel (genres *Gymnodinium* et *Gyrodinium*; Sournia *et al.*, 1979), et les Coccolithophoridées (dont la présence est signalée dans des eaux plus australes) sont peut-être absentes du golfe du Morbihan (il est possible que la préfiltration élimine ces groupes représentés seulement par de grandes formes). L'absence de ces taxons est probablement due à des variations de salinité et de température, plus marquées dans cette région qu'en milieu pélagique.

Les variations d'influence des différentes masses d'eau (de caractéristiques homogènes) en fonction de la situation des fronts voisins (zone de contact entre deux masses d'eau distinctes: les fronts sont une zone de transition rapide entre des masses d'eau de caractéristiques physiques et chimiques différentes), engendrent les développements de différents taxons selon les saisons. D'après Nishida (1986), le peuplement antarctique est caractérisé par une unique espèce de Coccolithophoridées (*Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler), qui est accompagnée de Parmales. Bien que les Coccolithophoridées soient absentes en toutes saison dans nos observations, la présence de Parmales, typiques des eaux polaires, indique que l'archipel est, au moins durant les mois d'hiver, sous influence antarctique. Leur présence aussi loin du continent antarctique (Nishida ne les a pas mentionnées au nord de 57° lat. sud), peut être

due à la remontée du front polaire vers le nord. Inversement, *Skeletonema costatum*, présent au cours du printemps et de l'été, semble ne jamais avoir été observé aussi au sud: la mention la plus australe en [redacted] été faite par Hustedt (1958) à 49° de latitude sud.

Une descente des fronts au cours de l'été austral peut créer les conditions favorables à un tel développement d'espèces en limite de répartition.

CONCLUSIONS

La présente étude, qui n'est qu'une approche préliminaire des morphologies des organismes nanoplanctoniques, met en évidence les points suivants:

- les organismes, aussi bien phyto-nanoplanctoniques que zoonanoplanctoniques, sont très divers: 58 taxons ont été observés.

- un certain nombre d'espèces nouvelles pour la région ont été reconnues ici, pour la première fois. Ce sont surtout des espèces de très petite taille, dont la détermination n'avait pas été possible, jusqu'à maintenant, par le manque de moyens d'investigation.

- de fortes concentrations d'espèces habituellement benthiques ont été observées en pleine eau. Elles sont vraisemblablement dues à une remise en suspension par l'agitation du milieu, qui résulte des vents très violents communs dans cette région.

- certains groupes sont absents du golfe du Morbihan, comme les Coccolithophoridées ou les Dinophycées, probablement à cause des conditions locales défavorables aux espèces océaniques trop sensibles et qui exigent un milieu très stable.

- enfin, quelques taxons sont ici en limite de répartition, sud ou nord. Leur développement est favorisé par les déplacements des fronts.

Ce travail trouverait un complément avec un approfondissement des observations de certains organismes encore inconnus. L'utilisation d'autres techniques pourraient permettre d'accéder à leur structure interne et de déterminer une éventuelle pigmentation.

Les variations des peuplements, tant du point de vue des successions saisonnières que géographiques (celles trouvées entre la mer ouverte et le fond des fjords du golfe du Morbihan), pourraient aboutir, en étant comparées aux conditions physico-chimiques de ces eaux, à des conclusions sur les facteurs trophiques nécessaires au développement des différents organismes. Etant donnée l'importance du nanoplancton dans la biomasse et les cycles du plancton, ce type de travail doit servir de point de départ à des études relatives à la chaîne alimentaire et aux bio-géocycles de ce milieu.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'administration des Terres Australes et Antarctiques Françaises, qui a rendu possible cette étude en permettant à l'un d'eux (Hédoin) d'effectuer un séjour d'une année (1989) dans l'archipel des Kerguelen, dans le cadre de son Service National et de la mission PROTAAF (responsable M. Crumeyrolle).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BERNARD F. & LECAL J., 1960 - Plancton unicellulaire récolté dans l'océan Indien par le Charcot (1950) et le Norsel (1955-56). *Bull. Inst. Océanogr.* (Monaco), 57 (1166): 59pp.

BOOTH B.C., 1988 - Size classes and major taxonomic groups of phytoplankton at two locations in the subarctic Pacific ocean in may and august, 1984. *Mar. Biol.* (Berl.), 97: 275-286.

BOOTH B.C., LEWIN J. & NORRIS R.E., 1980 - Siliceous nanoplancton I. Newly discovered cysts from the gulf of Alaska. *Mar. Biol.* (Berl.), 58: 205-209.

BOOTH B.C. & MARCHANT H.J., 1987 - Parmales: A new order of marine Chrysophytes. 3 new genera and 7 species. *J. Phycol.*, 23 (2): 245-260.

BORY de ST VINCENT J.B.M., 1822 - Diatomaceae. *In: Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle.*, 17 vol., Paris.

BRAARUD T., 1935 - The Öst expedition to the Denmark Strait 1929 II. The phytoplankton and its conditions of growth. *Hvalradest Skr.*, 10: 1-173.

BUCK K.R. & GARRISON D.L., 1983 - Protists from the ice-edge region of the Weddell Sea. *Deep Sea Res.*, 30: 1261-1277.

BUCK K.R. & GARRISON D.L., 1988 - Distribution and abundance of Choanoflagellates (Acanthoecidae) across the ice edge zone in the Weddell sea. Antarctica. *Mar. Biol.*, 98: 263-269.

CLEVE P.T., 1873 - Examination of diatoms found on the surface of the sea of Java. *Bih. Svensk. Vet. Akad. Handl.*, 1 (11): 1-13.

CLEVE P.T. & GRÜNOW A., 1880 - Beitrage zur Kenntniss der arctischen Diatomeen. *Kongl. Svensk. Vetensk. Akad. Handl.*, 17 (2): 1-121

COX E.J., 1979 - Taxonomic studies on the diatoms genus *Navicula* Bory: The typification of the genus. *Bacillaria*, 2: 137-153.

DEFLANDRE G., 1960 - Sur la présence de *Parvicorbicula* n. g. *socialis* (Meunier), dans le plancton de l'Antarctique. Terre Adélie. *Rev. Algol.* 3: 183-189.

DUJARDIN F., 1841 - *Hist. nat. zoophyto.* Dujardin (ed.). Paris.

EHRENBERG C.G., 1835 - Dritter Beitrag zur Erkenntnis grossen Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes. (= Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes, Separatum 1834). *Abhandl. Berl. Akad. 1833*: 145-336.

ELLIS W.N., 1930 - Recent researches on the Choanoflagellates (Craspedomonadines) (Freshwater and Marine) with descriptions of new genera and species. *Annls. Soc. R. Zool. Belg.*, 60: 49-88.

FERRARIO M.E., 1988 - Ultrastructure de 2 Taxa de la famille des Thalassiosiraceae: *Th. subtilis* var. *maxima* var. nov., *Minidiscus chilensis* présents sur les côtes de l'atlantique sud (Argentine). *Cryptogamie Algol.*, 9 (4): 311-318.

GAARDER K.R., 1954 - Coccolithineae, Silicoflagellates, Pterospermataceae and other forms from the "Michael Sars" north Atlantic Deep-sea expedition 1910. *Rep. Sars. N. Atl. Deep-Sea Exped.*, 2 (3): 1-20.

GENKAL S., 1989 - Quantitative estimation of Diatom algae using the scanning and transmission electron microscopes. *Diatom Res.*, 4 (2): 249-254.

GERLOFF J., 1968 - Elektronen mikroskopische Untersuchungen an Diatomeenschällen VI: *Potamodiscus kalbei* nov. gen., nov. spec. *Wildenowia*, 4 (3): 353-364.

GRAN H.H., 1897 - Protophyta: Diatomaceae, Silicoflagellata og Cilioflagellata. Den. Norske Nordhaus. Exped. 1876-78. *Bot. Protophyta*, 24: 1-36.

GREGORY W., 1855 - On some new species of British fresh-water Diatomaceae with remarks on the value of certain specific characters. *Proceedings of the Botanical Society of Edinburg.*: 1855.

GRÜNOW A., 1862 - Die österreichen Diatomaceen. *Verh. Zool. Bot. Ges. Wien.*, 12: 315-588.

HALLEGRAEFF G.M., 1983 - Scale bearing and loricate nanoplancton from East Australian current. *Bot. Mar.*, 26 (11): 493-515.

HASLE G.R., 1973 - Some marine plankton genera of the diatom family Thalassiosiraceae. *Nova Hedwigia Beih.*, 45: 1-49.

HASLE G.R., 1976 - Biogeography of marine planktonic diatom. *Deep sea res.*, 23: 319-338.

HASLE G.R., 1980 - Examination of *Thalassiosira* type material: *T. minima* and *T. delicatula*, Bacillariophyceae. Norw. *J. of botany*, 27: 167-173.

HASLE G.R., 1983 - The marine planctonic diatoms *Thalassiosira oceanica* sp. nov. and *T. partheneia*. *J. Phycol.*, 19 (2): 220-229.

HEIDEN H. & KOLBE R.W., 1925 - Die marinen Diatomeen der deutsche Südpolar Expedition 1901-1903. *Dtsch. Sudpol. Exped.*, 8 (5): 447-714.

HILL A.S. & HAWKINS S.J., 1990 - An investigation of methods for sampling microbial films on rocky shores. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 70: 77-88.

HUSTEDT F., 1942 - Diatomeen aus der Umgebung von Abisko in Schwedisch-Lappland. *Sonderdruck aus dem Archiv für Hydrobiologie*. 39: 82-174.

HUSTEDT F., 1958 - Diatomeen aus der Antarktis und dem Südatlantik. Deutsch Antark. Exp. 1938-39. *Wiss. Ergbn.* 2 (3): 103-191.

JORGENSEN E., 1905 - Protist plankton. Diatoms in Bottom samples. *Bergens Museum Skrifft* 1905: 1-254.

KACZMARSKA I. & RUSHFORTH S.R., 1982 - Diatom Associations in blue Lake Warm Spring, Tooele County, Utah, U.S.A.. D.G. Mann (ed): *7th international Diatom Symposium. Philadelphia 1982*. Koenigstein 1984.

KOPOZYNSKA E.F., WEBER L.H. & EL SAYED S.Z., 1986 - Phytoplankton species composition in the indian sector of the Antarctic Ocean. *Polar. biol.*, 6: 161-169.

KÜTZING F.T., 1833 - Synopsis Diatom acearum oder Versuch einer Systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. *Linneae* Berlin, 8: 529-620

LANGERON M., 1949 - Précis de microscopie, 7ème édition. Collection de précis médicaux. Masson & Cie (ed.). Paris.

LEADBEATER B.S., 1978 - Other flagellates. *In: Phytoplankton manual*. A. Sournia (ed.) UNESCO: 151-153.

LOHMANN H., 1909 - Die Gehause und Gallert Blasen der Appendicularien und ihre Bedeutung für die Erforschung des Lebens im Meer. *Verhandlungen des Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, 1909: 206-239.

MANGUIN E., 1954 - Diatomées marines provenant de l'île Heard (Australian National Antarctic Research Expedition.). *Rev. Algol. N.S.*, 1 (1): 14-24.

MANTON I. & OATES K., 1979 - Further observations on Choanoflagellates in the genus *Calliacantha* Leadbeater, with special reference to *C. multispina* sp. nov. from South Africa and Britain. *J. Mar. Ass. U.K.*, 59: 207-213.

MEUNIER A., 1910 - Microplancton des mers de Barentz et de Kara. Duc d'Orléans: Campagne Arctique de 1907. Bruxelles.

NISHIDA S., 1979 - Atlas of pacific nanoplankton. *News of the Osaka Micropaleontologists. Spec. Pap.* Micropal. Soc. Osaka. Osaka Mus. Nat. Hist., 3: 1-31.

NISHIDA S., 1985 - Modern Nannoplankton flora in the Philippine and South China Seas. *Bull. Nara Univ. Educ., (Nat.)*, 34 (2): 11-29.

NISHIDA S., 1986 - Nanoplankton flora in the southern Ocean, with special reference to siliceous varieties. *Mem. Natl. Inst. Polar. Res. Spec. Issue.* 40: 56-68.

OKUNO H., 1957 - Electron microscopical study on the fine structure of diatom frustules. XVI. *Bot. Mag.* Tokyo., 70: 216-222.

O'MEARA E., 1876 - On the diatomaceous gatherings made at Kerguelen's land by H.N. Moseley M.A., H.M.S. Challenger. *J. Linn. Soc. Bot.*, 15: 55-59.

PANTOCSEK J., 1902 - Kieselalgen oder Bacillarien des Balaton. *In.* "*Resultate der Wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees*". Herausgegeben von der Balatonsee. Kommission der Ung. Geographischen Gesellschaft. Wien. Zweiter Band, Zweiter Theil, Sect. I, Anhang. 112 p.

POULIN M., BERARD-THERRIAULT L. & CARDINAL A., 1984 a - Les diatomées benthiques des substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 1: Cocconeideae (Achnanthales, Achnantaceae). *Natur. Can.*, 111: 46-61.

POULIN M., BERARD-THERRIAULT L. & CARDINAL A., 1984 b - Les Diatomées benthiques des substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 3: Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae). *Natur. Can.*, 111: 349-367.

RIAUX-GOBIN C. & CHRETIENNOT-DINET M.J., 1988 - Culture en semi-continu de Diatomophycées benthiques marines des iles Kerguelen .I. Evolution au cours du temps. *Mem. Soc. Roy. Belg.*, 10: 70-76.

RIVERA P. & KOCH P., 1982 - Contribution to the diatom flora of Chile II. D.G. Mann (ed): *7th international Diatom Symposium. Philadelphia 1982.* Koenigstein 1984.

SANTORE U.J., 1984 - Some aspects of taxonomy in the Cryptophyceae. *New Phytol.*, 98 (4): 627-646.

SCHMARDA L.K., 1849 - Neue Formen von Infusioren. *Denkschr. K. Akad Wiss. Wien.*, 1 (2): 9-14.

SOURNIA A., GRALL J.R. & JACQUES G., 1979 - Diatomées et dinoflagellès planctoniques, d'une coupe méridienne dans le sud de l'Océan Indien (Campagne "Antiprod I" du Marion-Dufresne, mars 1977). *Bot. Mar.*, 22: 183-198.

THOMSEN H.A., 1973 - Studies on marine Choanoflagellates of Isefjord (Denmark). *Ophelia*, 12: 1-26.

THOMSEN H.A., 1978 - Nanoplancton from the gulf of Elat (Gulf of Aqaba) with particular emphasis on Choanoflagellates., *Isr. J. Zool.* 27: 34-44.

THOMSEN H.A , 1979 - Elektron microscopical observations on brackish-water nannoplancton from the Tvärminne area S.W coast of Finland. *Acta Bot. Fennica*, 110: 11-37.

THRONDSEN J., 1969 - Flagellates of Norwegian Coastal waters. *Nytt. Mag. Bot.*, 16 (3-4): 161-216.

THRONDSEN J., 1970 - Marine planktonic Acanthoecaceans (Craspedomonadines) from arctic waters. *Nytt. Mag. Bot.*, 17: 103-111.

THRONDSEN J., 1973 - Phytoplancton occurence and distribution on stations sampled during the SCOR WG 15 cruise to the Caribbean Sea, Pacific Ocean and Sargasso Sea in May 1970, based on direct cell counts. Data Report SCOR Discoverer expedition May 1970, Scripps Institute of Oceanography Reference 73-16, University of California, D: 1-28.

TSOY I. B.,1988 - Neogene Diatom Assemblages of the Japan Sea. Heikki Simola (ed.): *International Diatom Symposium. Joensuu. Finland, 1988.* Koenigstein 1990.

VAN HEURCK H., 1880 à 1885 - Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. Van Heurck (ed.). 120 p. 132 pl.

ZERNOVA V.V., 1970 - Phytopankton of the Southern Ocean. Holdgate M.W. (ed.). *Antarctic Ecology.* Academic Press, London: 136-142.

ZHUSE A.P., KOZLOEVA G.S. & Nagaeva G.A., 1962 - Diatoms in the surface layer of sediments in the indian sector of the Antarctic. *Trudy Inst. Okeanol.*, 61: 19-92.

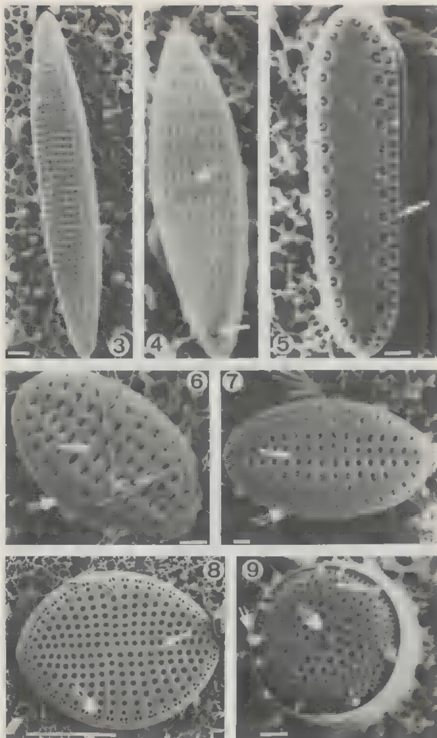
LÉGENDES DES PLANCHES

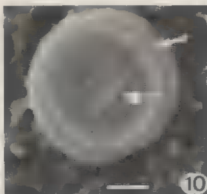
Fig. 3: *Nitzschia frustulum* var. *perminuta*. C'est l'organisme le plus fréquemment rencontré au cours de cette étude. Fig. 4: *Navicula* sp. 1. Flèche simple: nodules apicaux. Flèche double: aire centrale rectangulaire. Fig. 5: *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*. Les aréoles (flèche) ont une forme particulière, très reconnaissable. Fig. 6 et 7: *Cocconeis* sp.. La dépression séparant les rangs d'aréoles parallèles au pseudoraphé et au bord de la marge est plus visible sur la figure 7. Flèche simple: pseudoraphé. Flèche double: petite aréole proche du bord de la valve. Fig. 8: *C. scutellum*. var. *ornata*. Cette espèce se situe à la limite de taille du nanoplancton. Flèche simple: pseudoraphé. Flèche double: division des rangs d'aréoles au bord de la valve. Fig. 9: *Thalassiosira minima*. Flèche simple: processus renforcé. Flèche double: processus labié. Flèche triple: processus central, dépassant peu de la surface de la valve. (Echelle: 1 μm sauf Fig. 8: 10 μm.)

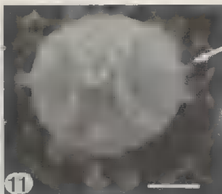
Fig. 10: *Minidiscus chilensis*. Ne possède pas de processus marginaux comme *Thalassiosira sp.* Flèche simple: élévation externe. Flèche double: processus labié reconnaissable par sa forme allongée. Fig. 11 et 12: Parmales. Le bord des plaques, surélevé, permet de délimiter les éléments siliceux formant le frustule. Fig. 11: *Tetraparma pelagica*. Flèche: épine courte au centre des plaques circulaires. Fig. 12: *Triparma laevis*. Flèches: expansions asymétriques en forme d'ailes qui permettent de définir une face ventrale. Fig. 13: *Pyramimonas* sp.. Flèche: écailles visibles à la surface du corps cellulaire. Fig. 14: Cryptophycée. Fig. 15: *Anisonema* sp.. Flèche: mastigonèmes bien conservés sur le grand flagelle. (Echelle: 1 μm, sauf Fig 13: 10 μm.)

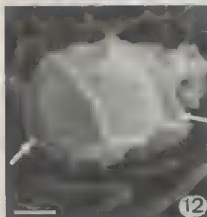
Fig. 16: *Acanthoecopsis unguiculata*. Flèche: épines antérieures en baguettes siliceuses, prolongeant les côtes de la loge postérieure. Fig. 17: *Stephanoeca diplocostata*. Flèche simple: loge postérieure. Flèche double: Côtes transverses accolées à la base de la loge postérieure. Fig. 18: *Parvicorbicula socialis*. Flèche simple et double: côtes transverse postérieure et antérieure. Flèche triple: corps cellulaire situé au centre de la partie postérieure de la loge. La forme conique a été aplatie lors du dépôt sur le filtre. Fig. 19: Écaille isolée de *Pinaciophora denticulata*. La bordure perforée de petits trous (flèche) entoure la partie hyaline centrale, où se trouvent des trous de grands diamètre. Fig. 20: Organisme indéterminé 1. La dépression centrale n'est pas constante sur les observations. Flèche: pédicelle portant les "soies". Fig. 21: Organisme amiboïde. Flèche: pseudopodes. (Echelle: 1 μm, sauf Fig. 21: 10 μm.)

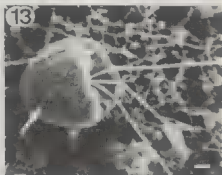
Fig. 22: Photographie pour comptage des bactéries. Le grossissement choisi, 3000, permet de repérer ces très petits organismes (flèche). Fig. 23: Au grossissement 200, les Euglenophycées *Anisonema* sp. (flèche 1) apparaissent en nombre suffisamment important sur la photographie pour faire l'objet d'un comptage, tandis que les Diatomophycées pennées (flèche 2) sont encore assez distinctes pour pouvoir être dénombrées.


3
4
5
6
7
8
9


10

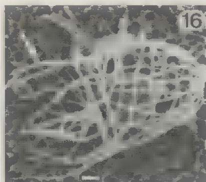

11

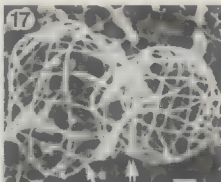

12

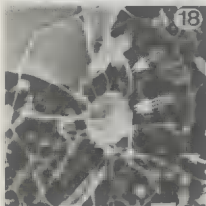

13


14

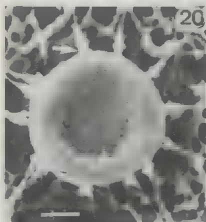

15

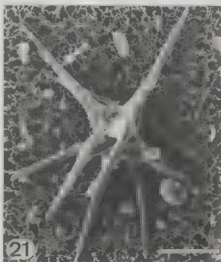

16


17


18


19


20


21




1
2

Résumés des communications présentées aux journées de travail de la SOCIÉTÉ PHYCOLOGIQUE DE FRANCE (27 et 28 mars 1992)

C. BILLARD (Laboratoire de Biologie et Biotechnologie marines (Phycologie), Université de Caen, 14032 Caen Cedex).

Fibrocapsa japonica Toriumi et Takano (Raphidophyceae), algue planctonique nouvelle pour les côtes de France.

Dans le cadre du Programme National "Efflorescences algales marines", un suivi de la flore phytoplanctonique estivale est réalisé depuis plus de deux ans à Caen dans un secteur sensible des côtes normandes (Calvados). L'accent est mis plus particulièrement sur la surveillance des phytoflagellés (i. e. hormis les Dinoflagellés) à potentialités néfastes. Ceux-ci, en nombre restreint jusqu'ici, se répartissent dans 3 classes différentes dont celle des Raphidophyceae (ou Chloromonadophyceae).

Cette petite classe d'algues planctoniques dont les caractères originaux seront rappelés, ne renferme que 4 genres strictement marins, avec une seule espèce actuellement connue en France, *Chattonella subsalsa* Biecheler, responsable d'eaux rouges en 1961 dans la baie de Villefranche-sur-mer. L'existence d'une deuxième espèce, *Fibrocapsa japonica* est rapportée. Identifiée en petites quantités dans le plancton de Luc-sur-mer au mois d'octobre 1991, cette espèce décrite du Japon en 1973 n'a encore jamais été observée, à notre connaissance, sur les côtes européennes. En dehors du Japon, elle n'a été signalée que sur les côtes américaines, au sud de la Californie (1977), côté Pacifique, et dans le Rhode Island (1985), côté Atlantique.

Plusieurs Raphydophyceae marines étant reconnues ichtyotoxiques, *F. japonica* est considéré comme potentiellement nuisible. D'autres espèces à rechercher sur les côtes de la Manche seront évoquées.

Aucun élément ne permet de savoir s'il s'agit d'une introduction récente ou d'une espèce restée ignorée en raison de son mode de vie particulier. Il sera rappelé par ailleurs que vu la fragilité de leurs cellules, la reconnaissance des Raphidophyceae dans les prélèvements fixés est pratiquement impossible. D'où l'intérêt d'un inventaire systématique de la flore planctonique telle que nous le pratiquons, c'est-à-dire exclusivement sur du matériel vivant.

Charles F. BOUDOURESQUE[1], Alexandre MEINESZ[2], Marc VERLAQUE[1] and Michèle KNOEPFFLER-PEGUY[3] (1. LBMEB, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9, France. 2. Laboratoire Environnement Marin Littoral, Faculté des Sciences de Nice, 06034 Nice Cedex, France. 3. Laboratoire Arago, Université de Paris 6, 66650 Banyuls-sur-Mer, France).

The expansion of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean.

The Chlorophyta *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh has a pantropical distribution (Venezuela, Antilles, Brazil, Gulf of Guinea, Red Sea, Tanzania, Kenya, Madagascar, Pakistan, Ceylon, Indonesia, Philippines, Vietnam, Hawaii, Australia, etc.). Since 1980, in Europe, it has been used for decoration in numerous tropical aquaria. In 1989 one of us observed *C. taxifolia* in the sea at Monaco, where it had already formed extensive populations; according to different witnesses, its acclimatation occurred in 1984. The expansion of *C. taxifolia* is rapid: between 1990 and 1991, the identified surface area has increased 3-5 (10) times. The area occupied by *C. taxifolia* in 1991 was estimated as 30 ha. Supposing that the occupied surface in 1984 was about $1 m^2$, the annual rate of progression can be argued to be in the order of 6.1.

At present, the major part of the *C. taxifolia* prairies are found between Nice and Menton (Alpes-Maritimes). Other locations have been identified towards the west: Agay, Anthéor, Le Lavandou, Anse Méjean at Toulon, Saint-Cyr (Var), Saint Cyprien (Pyrénées-Orientales); their surface area is still slight: 3-5 m^2 (Saint-Cyprien) to about 50 m^2 (Toulon).

The characteristics of *C. taxifolia* prairies in the region of Nice are worrying. (i) The alga is much more robust than in tropical seas: the blades can measure 20-40 (62) cm in height, instead of less than 2-15 (25) cm in tropical seas. (ii) The populations are very dense (up to 8225 blades and 244 m of stolon per m^2) and appear to replace the indigenous infralittoral communities between 5 and 15 (35) m of depth; all substrate types can be colonised (sand, mud, rock); even the prairie of *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile (marine Phanerogame) can be invaded by *C. taxifolia*. (iii) The replacement of indigenous communities by the *C. taxifolia* prairie generally results in an impoverishment of the flora and fauna (Tabl. I). (iv) *Caulerpa taxifolia* contains, at least in summer and autumn, toxic substances (caulerpenyne in particular); this is without doubt the reason why if has very few consumers. In food choice experiments where the urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) is confronted with *C. taxifolia* and a mediterranean alga, it always choses the mediterranean alga, even if it is a case of alga which are generally "avoided" such as *Sphaerococcus coronopifolius* Stackhouse, *Gelidium latifolium* (Greville) Bornet ex Bornet et Thuret or *Asparagopsis armata* Harvey. In the presence of only *C. taxifolia*, the urchin *Paracentrotus lividus* starves (daily food intake 8 to 170 times less than that of controls fed with *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy) and dies at the end of 15 weeks.

Caulerpa taxifolia is not the first species accidentally introduced into the Mediterranean: it is possible to cite in particular the Chlorophyta *Codium fragile* (Suringar) Hariot, the Fucophyceae *Colpomenia peregrina* (Sauvageau) Hamel, *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, *Laminaria japonica* Areschoug and *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, the Rhodophyta *Asparagopsis armata* Harvey, *Acrothamnion preisii* (Sonder) Wollaston and *Chrysymenia wrightii* (Harvey) Yamada. Of all these species, however, *C. taxifolia* is the only species which possesses all of the following characteristics: perennial species, absence of a seasonal resting stage, capacity to occupy multiple ecological niches, construc-

tion of very dense populations, toxicity, absence or rarity of consumers, high propagation capacity.

The acclimatation of *C. taxifolia* in the region of Nice, in waters which have recorded winter minima of between 11° and 13°C from 1984 to 1991, is surprising and may suggest that the stock which is colonising the Mediterranean has different characteristics from those of the tropical regions of origin.

Natural regulation may occur, for example due to the intervention of predators. It is not rare, in effect, that introduced species, after an initial phase of expansion and proliferation, see their exuberance curbed. Data contained in the literature show that this regulation, when it arises, may take place over several years or even several decades after the introduction. For the moment, it is not possible to known whether such a regulation will occur in the case of *C. taxifolia*, the time span required or whether the species expansion will continue.

Parameter	Reference Population	*C. taxifolia* Prairie	Comparison (Ratio)
Algae: number of species at R > 0.5%	35	9	4:1
Algae: Rt encrusting species	61%	48%	1.3:1
Algae: Rt erect species	238%	0.5%	476:1
Algae: Rt filamentous and epiphytic species	66%	2%	33:1
Algae: biomass (dry weight, decalcified)	55g	6g	9:1
Crustacea: number of individuals	313	51	6:1
Mollusca: number of individuals	145	53	3:1
Annelida: number of individuals	617	196	3:1

Tabl. I: Comparison between the fauna and flora (*C. taxifolia* excluded) of a *C. taxifolia* prairie and ■ reference population. Baie de Roquebrune Cap-Martin (Alpes-Maritimes), - 6m. March 1992. Preliminary results from sampled subhorizontal surfaces of 400 cm^2. R = Cover, percentage of the surface covered in vertical projection. Rt = Sum of the cover of the species present.

H. HÉDOIN et A. COUTÉ (Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon - 75005 Paris).

Le nanoplancton marin de Kerguelen: premier inventaire.

Les auteurs présentent un inventaire du nanoplancton (organismes dont la taille est comprise entre 2 et 20 μm) réalisé à partir d'échantillons prélevés au cours de l'année 1989, dans le golfe du Morbihan, situé dans l'archipel des Kerguelen. L'étude a été effectuée à l'aide du microscope électronique à balayage.

L'archipel se situe dans une zone où les fronts subtropical et subantarctique sont juxtaposés. Leurs fluctuations en latitude laissent les îles Kerguelen dans des eaux à caractère subtropical ou antarctique, selon la saison. De plus, le golfe étant isolé de l'océan par une passe étroite et peu profonde, les conditions physico-chimiques de ses eaux sont plus variables que celles trouvées au large.

Ces différentes caractéristiques se traduisent sur les peuplements nanoplanctoniques par la présence d'espèces à affinité benthique. D'autre part, en hiver, on note une remontée vers le Nord de taxons connus seulement de l'Antarctique, alors qu'en été apparaissent des espèces toujours répertoriées à des latitudes plus faibles dans l'hémisphère sud.

Trente-trois taxons appartenant aux protophytes et aux protozoaires ont pu être identifiés.

G. LEVAVASSEUR (Station Biologique, UPR CNRS 4601, 29680 Roscoff).

La notion de photoinhibition chez les grandes algues marines.

La photoinhibition intervient chez tout organisme photosynthétique dès que la quantité d'énergie lumineuse absorbée par les chlorophylles excède ce qui peut être utilisé par les centres réactionnels. Jusqu'à ces dernières années, les études portant sur la photoinhibition des grandes algues marines étaient rares. L'adaptation récente de nouvelles techniques d'analyse (mesures de rendement quantique, de rendement de fluorescence...) à l'étude de ces végétaux a permis des progrès significatifs.

Au cours de cet exposé, nous aborderons les résultats obtenus lors d'un programme "NSF" sur la photoinhibition et les conditions de vie des algues macrophytes. La plupart des expérimentations ont été réalisées sur un clône d'*Ulva rotundata* cultivé soit sous conditions contrôlées au laboratoire, soit sous conditions naturelles en extérieur.

Nous examinerons dans un premier temps les effets de stress de courte durée sous conditions contrôlées afin de caractériser les mécanismes de la photoinhibition du modèle "Ulve" (variations concommittantes des rendements quantiques (quantum yield) et de fluorescence, cycle des xanthophylles, notions de photoprotection et de photodommage...).

Ensuite, seront développés quelques résultats d'expériences portant sur des transferts de plus longue durée (quelques jours) sous forte lumière, qui permettent de faire la distinction entre photoinhibition et photoacclimatation. L'exemple de la disponibilité en azote montre que les capacités photoprotectrices sont elles-mêmes tributaires des paramètres extérieurs tels que ceux de l'environnement, lumière de croissance, température, apport azoté, concentration en carbone inorganique, moment de la journée... tous ces facteurs, entre autres, influent sur le statut photochimique des thalles considérés.

Ces résultats soulignent les possibles ramifications de la photoinhibition et ses régulations en océanographie biologique. Trois classes de réponses peuvent être considérées: 1) Performance: la productivité primaire des grandes algues marines intertidales, et de hauts niveaux, peut être réduite par photoinhibition. 2) Tolérance: Une photoinhibition chronique peut déterminer la limite bathymétrique supérieure de répartition de certaines algues. 3) Interactions: la température et la nutrition peuvent modifier à la fois la performance et la tolérance en respect de la lumière, déterminant ainsi la présence ou l'absence d'espèces en fonction de la profondeur et des saisons.

F. MAGNE (Laboratoire de Biologie Végétale Marine, 7 Quai Saint Bernard, 75230 Paris Cedex 05).

***Goniotrichopsis* (Rhodophyceae) en Europe.**

Ce genre, représenté par la seule espèce *G. sublittoralis* Smith, n'était jusqu'ici connu que des côtes nord-américaines du Pacifique. *G. sublittoralis* a été retrouvé dans la Manche (Roscoff) et la Méditerranée (Majorque) et entretenu en culture. Les caractères observés chez les plantes européennes de la nature et en culture sont étroitement semblables à ceux des plantes du Pacifique.

H. MICALEF (Laboratoire de Biologie et Biotechnologie marines (Phycologie), Université de Caen, 14032 Caen Cedex).

Approche cytologique des problèmes ontogéniques posés par la culture expérimentale de *Laminaria digitata*: intérêt et difficulté.

La culture expérimentale des algues uni- et pluricellulaires est depuis longtemps déjà la méthode d'étude fondamentale de leurs cycles ontogéniques, sous les divers aspects morphologiques et physiologiques.

Plus récemment, l'esprit de cette méthode s'est quelque peu modifié avec l'essor de cultures à finalités appliquées, concernant certaines algues pluricellulaires d'intérêt économique, et visant à l'obtention rapide de biomasses importantes ainsi qu'à la création de variétés performantes. Le premier but recherché a naturellement conduit à privilégier l'exploration des facultés de multiplication végétative chez ces algues, au niveau de leurs différents compartiments histologiques, en contournant ou en modifiant (aposporie et/ou apogamie) le cycle "naturel"; le second but conduit notamment à tenter des hybridations, soit par la voie classique des croisements interspécifiques (voire intergénériques) à partir de gamètes, soit par celle (en cours d'extension) des fusions de cellules somatiques préalablement réduites à l'état de protoplastes.

De telles pratiques débouchent en fait sur diverses productions plus ou moins ouvertement atypiques, et dont l'interprétation biologique nécessite une analyse soigneuse de l'ontogénie (filiation) et de la morphologie (envisagée à tous les niveaux d'organisation) des formations obtenues, ainsi que de leurs niveaux relatifs de ploïdie.

Cette analyse indispensable ne va pas sans de sérieuses difficultés pratiques, dont quelques exemples qualitatifs et quantitatifs sont présentés à propos de *L. digitata*.

H. MICALEF (Laboratoire de Biologie et Biotechnologie marines (Phycologie), Université de Caen, 14032 Caen Cedex).

Possibilités offertes par l'emploi du DAPI dans les études nucléaires relatives aux Ulvales.

L'emploi du DAPI (à 5.10^{-7} dans un tampon citrate pH 4) sur des protoplastes d'Ulvales fixées par le paraformaldéhyde à 3% dans un tampon PBS (pH 7) additionné de $CaCl_2$ et $MgCl_2$, pendant une nuit à 4°C, permet une mise en évidence rapide du noyau dans ses états interphasiques ou mitotiques.

En ce qui concerne le noyau interphasique, végétatif (position supravacuolaire) ou prémitotique (position infravacuolaire), le fluorochrome révèle la présence d'un chromosome hétérochromatique (cf. corps de Barr, par l'aspect) dans la région nucléaire contiguë à la sphère golgienne. Ce chromocentre particulier a été observé chez *Enteromorpha compressa* var. *intestinalis* et *Ulva cf. lactuca* (récoltées en Mai à Luc-sur-Mer). En ce qui concerne le noyau mitotique, observé chez *E. intestinalis*, le fluorochrome permet en particulier une bonne résolution des chromosomes individualisés en prémétaphase et leur numération sur les meilleures images. Dans tous les cas, les génophores plastidaux sont généralement bien observables.

Rem. L'usage du tampon PBS (7) comme vecteur du fluorochrome ne modifie pas les résultats signalés.

Michel PENOT (Laboratoire de Physiologie Végétale, 6 avenue V. Le Gorgeu, 29287 Brest Cedex, France).

Le transport à longue distance chez les grandes algues - Acquis et perspectives[1].

Cette conférence se veut répondre à un double objectif: faire le point sur l'état actuel des connaissances dans le domaine de la physiologie des transports à longue distance chez les Algues et ouvrir quelques perspectives d'avenir: elle se base pour l'essentiel sur les résultats acquis avec les Algues brunes (Laminariales ou Fucales) : elle veut aussi se situer dans un contexte de physiologie comparée prenant en considération les acquis récents obtenus chez les végétaux supérieurs.

L'étude des transports à longue distance procède d'une pluralité de méthodes et techniques. La première étape relève d'une bonne connaissance des structures et des ultrastructures de l'appareil conducteur. Si le tube criblé (= seive element) présente beaucoup d'analogies avec celui des végétaux supérieurs (Schmitz, 1990), s'il participe, selon l'organe, à la mise en place d'un réseau de drainage et de redistribution plus ou moins complexe (Schmitz, 1984), il se caractérise aussi par l'absence de cellules-compagnes et par l'absence de P-protéines.

La deuxième technique qui conjugue harmonieusement utilisation de traceurs radioactifs et histoautoradiographie a permis à de nombreux auteurs d'attribuer au tube criblé jeune ou adulte un rôle actif dans le transport, rôle qu'il va perdre au cours du vieillissement puisque là encore des dépôts de callose viennent obturer les pores des cribles.

Le recours conjugué aux traceurs radioactifs, à la collecte des exsudats quand celle-ci est possible (cas du *Macrocystis*), à des techniques biochimiques, enzymatiques, etc., permet de donner les caractéristiques du transport à longue distance: nature des substances véhiculées, vitesses, taux, orientation... C'est ainsi que chez les Algues brunes (*Macrocystis*, *Laminaria*; Schmitz & Srivastava, 1979) on peut dire que le mannitol représente la fraction organique mobile la plus importante (65 à 74% du PS); la fraction acides-aminés atteint 15%; la fraction minérale (15% également) se caractérise par la prédominance de l'ion K + tandis que P_i représente la forme mobile du phosphore. Si on sait que cette "sève" véhicule aussi quelques oligoéléments nécessaires à la croissance (Manley, 1984) on n'a aucune donnée précise sur le transport et les formes de transport du S, lequel joue pourtant un rôle important dans les groupements $-SO_3^-$ qui caractérisent de nombreux polysaccharides matriciels (fucoïdanes ascophyllanes: Kloareg & Quatrano, 1988). Au-delà la présence en quantité importante d'ATP ($\geq$ 1000 μg ml^{-1}) traduit un métabolisme actif du tube-criblé: cela soulève la question du rôle non encore défini de ce nucléotide (participation d'une manière active à la charge de l'élément conducteur ou au transport à longue distance lui-même ?).

Le transport à longue distance se caractérise encore par 2 paramètres plus ou moins étroitement associés, taux (specific mass transfer) et vitesse (s). Indépendamment de ce qu'ils représentent en eux-mêmes, ces paramètres permettent de réfléchir et de discuter la nature des mécanismes (ou des composantes) mis en jeu: diverses hypothèses font toujours l'objet de discussion pour

[1] Résumé de la Conférence dédiée à la mémoire de Monsieur le Professeur Alexis MOYSE.

expliquer ces mouvements de nutriments (courant de masse ou diffusion: voir ci-après).

Le transport à longue distance apparaît aussi comme une migration de type *orienté*, c'est-à-dire qu'il obéit à la relation de type "source-sink" (Ho *et al.*, 1989). Sous le terme de "source" on distingue les lieux d'où sont issus les nutriments (méristoderme, lame, phylloïde); sous le terme d'organe receveur (= sink) on désigne les lieux qui se caractérisent, en fonction des processus de croissance où de mise en réserve, par un abaissement du gradient de concentration (création d'un vide en aval, favorable au maintien des flux). La question qui se pose, une nouvelle fois, est celle de la régulation de ces flux. Certains pensent que c'est l'activité photosynthétique qui par la mise en place d'un gradient osmotiquement actif est à l'origine d'un flux migratoire (mass-flow). Cela suppose un mouvement bidirectionnel et simultané du solvant et des solutés; cela suppose aussi que rien ne s'oppose à ce courant de masse qui doit franchir les pores des cribles. Si les pores sont obturés par du matériel cytoplasmique, la résistance est trop grande et seule une diffusion "activée" peut être compatible avec les données préalablement obtenues quant aux taux, aux vitesses, etc. L'"activation" de la diffusion peut se faire par l'intermédiaire de différents processus parmi lesquels: les mouvements interfaciaux, le courant cytoplasmique, la participation de protéines contractiles et enfin par le biais de transports actifs spécifiques à chaque pôle.

Là encore le débat reste ouvert. On peut concevoir que chaque organe joue un rôle actif: la charge des voies conductrices (= loading) qui commence à être bien comprise chez les végétaux supérieurs tant du point de vue des mécanismes (Delrot, 1987) que des voies (symplastique ou apoplastique: van Bel *et al.*, 1988: Patrick, 1990) est à peine étudiée chez les Algues. Le transfert du mannitol et des acides aminés vers le tube criblé est-il dans tous les cas de type symplastique ou implique-t-il une étape apoplastique avec processus de cotransport ? Quel rôle joue à l'autre extrémité l'organe receveur ? On sait que sa force attractive peut être diminuée en présence d'inhibiteurs métaboliques (Floc'h & Penot, 1981) mais quelle est l'origine de ce rôle actif ? Y a-t-il, comme chez les végétaux supérieurs, un contrôle hormonal du transport des flux de nutriments (Suleiman *et al.*, 1990) ? C'est donc à ce niveau toute la question de la nature des effecteurs capables de déclencher un flux de nutriments par une action sur la croissance, sur un processus de mise en réserve ou simplement sur le transport actif local.

Là encore si les deux voies de cheminement cellulaire sont possibles, simultanément ou indépendamment l'une de l'autre, selon l'espèce, selon l'organe, peu de travaux ont porté jusqu'à ce jour sur les 2 voies possibles impliquées dans la charge (entrée) ou la décharge (sortie) des voies conductrices. Pas mal de faits ou d'observations plaident en faveur d'un cheminement symplastique au niveau de la lame des Laminariales (Schmitz, 1984), mais la voie apoplastique a aussi pu être mise en évidence chez une Fucale (Pellegrini *et al.*, 1991); d'autres observations complémentaires devraient être menées sur l'étude de ces mécanismes fins.

Enfin quel rôle actif peut-on attribuer à la voie conductrice elle-même, dont on a dit qu'elle était riche en ATP ? Fonctionne-t-elle en tant que système-relais entre les deux pôles source et receveur ? La sensibilité à certains inhibiteurs métaboliques (Floc'h & Penot, 1978) appuie bien cette idée qu'elle participe activement au transport. Mais par quel biais s'effectue cette participation active ? Par l'intermédiaire de protéines contractiles, d'un courant cytoplasmique qui, bien qu'il n'ait jamais été observé chez les Laminariales, est

une des composantes du transport à longue distance chez les Characées (Dale *et al.*, 1983). Enfin la richesse du tube criblé en K+ permet-elle d'envisager, comme chez les végétaux supérieurs, une participation active qui procèderait de l'électro-osmose ?

De nombreuses recherches complémentaires mériteraient donc d'être menées dans ces différentes directions, sur les relations ultrastructurales, sur la cytochimie fine, sur la biochimie du tube criblé, sur la nature des effecteurs capables de réguler les flux, pour arriver à une meilleure compréhension de cet aspect très particulier de la physiologie des (grandes) Algues.

BIBLIOGRAPHIE

DALE N., LUNN G. & FENSOM S., 1983 - Rates of axial transport of ^{11}C and ^{14}C in Characean cells: Faster than visible streaming ? *J. Exp. Bot.* 34(139): 130-143.

DELROT S., 1987 - Phloem loading: apoplastic or symplasmic ? *Plant Physiol. Biochem.* 25: 667-676.

FLOC'H J.Y. & PENOT M., 1978 - Influence de la cycloheximide sur le transport à longue distance du ^{32}P chez *Laminaria digitata* (L.) Lamouroux. *Bot. Mar.* 21: 5-11.

FLOC'H J.Y. & PENOT M., 1981 - Translocation of ^{32}P and ^{86}Rb in some brown algae (*Laminaria digitata* and *Fucus vesiculosus*): influence of metabolism and sinks. *In:* FOGG G.E. & JONES W.E. (Eds), *Proceedings of the eighth international seaweed symposium*, Bangor, North Wales, August 1974, pp. 176-187.

HO L.C., GRANGE R.I. & SHAW A.F., 1989 - Source sink regulation. *In:* BAKER D.A. & MILBURN J.A. (Eds), *Transport of photoassimilates*, J. Wiley & Sons, New York, pp. 306-343.

KLOAREG B. & QUATRANO R.S., 1988 - Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 26: 259-315.

MANLEY S.L., 1984 - Iron uptake and translocation by *Macrocystis pyrifera*. *Plant Physiol.* 68: 914-918.

PATRICK J.M., 1990 - Sieve element unloading: cellular pathway, mechnism and control. *Physiol. Plant.* 78: 298-308.

PELLEGRINI L., EPIARD-LAHAYE M. & PENOT M., 1991 - De l'utilisation du lanthane comme traceur de la voie apoplastique chez *Cystoseira nodicaulis* (Fucales, Cystoseiraceae). *Canad. J. Bot.*, 69: 18-25.

SCHMITZ K., 1984 - A cell system for symplastic transport of photoassimilate between meristoderm and sieve elements in *Alaria tenuifolia*. *Mar. Biol.*, 78: 209-214.

SCHMITZ K., 1990 - Algae. *In:* H.D. BEHNKE & R.D. SJOLUND (Eds), *Sieve elements. Comparative structure, Induction and Development.* Springer Verlag, ISBN 3-540-50783-3, pp. 1-18.

SCHMITZ K. & SRIVASTAVA L.M., 1979 - Long distance transport in *Macrocystis integrifolia*. II. Tracer experiments with ^{14}C and ^{32}P. *Plant Physiol.* 63: 1003-1009.

SULEIMAN S., HOURMANT A. & PENOT M., 1990 - Influence de l'acide abscissique sur le transport d'ions inorganiques chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum* cv. Bintje). Etude comparée avec quelques autres phytohormones. *Biologia Plantarum* 32(2): 128-137.

Van BEL A.J.E., Van KESTEREN W.J.P. & PAPENHUIJZEN J., 1988 - Ultrastructural indications for coexistence of symplastic and apoplastic phloem loading in *Commelina benghalensis* leaves. *Planta* 176: 159-172.

D. PESANDO[1], A.C. VISO[1], J.C. MARTY[2] (1. INSERM U. 303, B.P. 3, 06230 Villefranche-sur-mer. 2. UA CNRS 353, B.P. 8, 06230 Villefranche-sur-mer).

Constituants lipidiques de *Posidonia oceanica*, comparaison avec ceux des algues marines et des plantes terrestres.

P. oceanica a été récoltée dans la baie de Villefranche/mer. Avant d'extraire les lipides, les échantillons sont lavés soigneusement pour les débarrasser des sédiments et des épiphytes. Les lipides sont extraits des différentes parties de la plante: feuille (base et partie verte) et rhizome par la méthode de Bligh & Dyer (chloroforme-méthanol-eau: 2 : 2 : 1,8 V/V/V). Chaque extrait lipidique est fractionné par flash-chromatographie sur gel de silice (Sep pak Millipore, Waters) en lipides neutres (chloroforme), glycolipides (acétone), phospholipides (méthanol). Les extraits et les différentes fractions sont ensuite soumis à une chromatographie sur plaque, ce qui permet de détecter leurs constituants lipidiques. La composition en acides gras des extraits bruts des feuilles, des rhizomes et de leurs lipides neutres, glycolipides et phospholipides sont analysés par chromatographie en phase gazeuse.

Nos résultats montrent que les feuilles (partie verte), sont riches en glycolipides qui sont impliqués dans la photosynthèse et que la base des feuilles (partie blanche) et les rhizomes ont la même composition avec une haute teneur en phospholipides.

Les acides gras majoritaires détectés dans les feuilles et les rhizomes sont C16: 0, C18 : 2w6, C18 : 3w3. C16 : 0 représente 20 à 30% des acides gras totaux. Des variations dans les rapports C18 : 2w6/C18 : w3 sont observées dans les deux parties de la feuille et dans les rhizomes. Ces deux acides gras contribuent pour plus de 50% des acides gras totaux. Nous avons observé que les glycolipides de la partie verte des feuilles sont enrichis en C18 : 3w3. Cet acide gras est connu pour être largement répandu dans les plantes supérieures et dans les organismes photosynthétiques. Il est produit essentiellement dans les chloroplastes.

La prédominance des Δ9 isomères C16 : 1w7 et C18 : 1w9 sur les autres acides monoenoïques et la présence d'acides gras à longues chaines (C22 à C32) dans les lipides de cette phanérogame est caractéristique des plantes supérieures. Cette analogie est aussi confirmée par l'analyse de la composition en alcanes.

T.N.H. PHUNG[1], A. COUTÉ[2], P. BOURRELLY[2] (1. Faculté de Biologie et Chimie, Université de Cantho, Haugiang, Vietnam. 2. Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon - 75005 Paris).

Les Cyanophycées du Delta du Mekong.

Les auteurs étudient les Cyanophycées d'eaux douce, saumâtre et acide-sulfatée du delta du Mekong, au Vietnam, pendant plusieurs années. 94 taxa dont 54 hétérocystés sont ainsi décrits. Parmi ceux-ci, une espèce et trois variétés sont nouvelles pour la science. Il s'agit de: *Tolypothrix hatienensis* (nov. sp.), *Hapalosiphon parvulus* var. *minor* (nov. var.), *Hapalosiphon welwitschii* var. *vietnamensis* (nov. var.), *Anabaena variabilis* var. *vietnamensis* (nov. var.).

Plusieurs genres rares comme *Borzinema*, *Camptylonemopsis*, *Geitleria*, *Johannesbaptistia*, *Pulvinularia* et *Stauromatonema* sont également signalés.

Les zones dulçaquicoles et tout particulièrement les rizières sont plus riches, montrant une forte biomasse et une importante diversité spécifique des taxons fixateurs de l'azote atmosphérique.

Jean-Michel ROBERT (Laboratoire de Biologie marine (URA CNRS 1356), Faculté des Sciences et des Techniques, 2 rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex 03).

Haslea ostrearia **Simonsen: originalités métaboliques et applications**[1]

Haslea ostrearia Simonsen, anciennement appelée *Navicula ostrearia* Bory ou "Navicule bleue" est une diatomée pennée, tychopélagique, étroitement associée à une pratique ostréicole française bien connue, l'affinage et le "verdissement" des huîtres. En effet, cette diatomée est capable de synthétiser un pigment bleu-vert surnuméraire, hydrosoluble, appelé encore aujourd'hui la marennine. Ainsi, lorsqu'intervient une multiplication intensive de l'algue dans des bassins d'eau de mer appelés claires, la marennine produite par les cellules diffuse dans l'eau, se concentrant au niveau des branchies et palpes labiaux des huîtres immergées dans les bassins, leur conférant une couleur verte, d'où le nom de verdissement.

Devant l'originalité de ce phénomène unique dans le monde des diatomées, plusieurs études importantes ont jalonné notre siècle (Ranson, 1927; Moreau, 1970; Neuville, 1978; Robert, 1983). Pour notre part, nous avons tenté de fixer les bases biologiques fondamentales de la production de l'algue et de son pigment surnuméraire.

Une étude méticuleuse de l'écologie des claires et des eaux marines les alimentant a permis de décomposer ces écosystèmes en 3 compartiments: aquatique, benthique, épipélagique. Dans ces sous-ensembles, les diatomées sont dominantes: *Amphora*, *hyalina*, *Amphiprora paludosa*, *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum* et *Haslea ostrearia*. Celle-ci, dont la répartition géographique mondiale se situe entre les 38 et 58èmes parallèles de l'hémisphère nord présente, dans les bassins conchylicoles, des phases de production, stagnation, régression et dégradation sur lesquelles se greffe à tout moment la consommation par les huîtres; son apparition y est saisonnière (septembre à novembre, mars-avril).

Par l'association de méthodes expérimentales utilisées *in situ* et *in vitro*, il a pu être mis en évidence le rôle prépondérant de l'azote dans les processus de production d' *H. ostrearia*. L'azote minéral contrôle le plus souvent la fertilité des eaux des claires pour la diatomée. De plus, l'utilisation des formes ammoniacale et nitrique de l'élément est contrôlée par leurs teneurs respectives dans l'eau: la concentration en $N\text{-}NH_4^+$, subinhibitrice pour l'utilisation de $N\text{-}NO_3^-$ est estimée à environ 30 $\mu M.l^{-1}$. L'azote organique dissous excrété par les huîtres constitue dans la claire une source azotée prépondérante lors des proliférations de l'algue; cette photomixotrophie a été confirmée en conditions axéniques, par culture sur divers composés azotés (asparagine, acide glutamique, guanine, ornithine, urée, etc...).

Par toutes les connaissances acquises *in situ* et *in vitro*, il est possible aujourd'hui de produire cette espèce en cultures non renouvelées, dans des bacs de 500 à 800 litres (L. Rouillard). L'obtention de pâte algale par centrifugation continue, permet de disposer de suffisamment de matériel biologique (120 à 140 g frais.m^{-3}) pour en extraire et purifier la marennine dont les premières études chimiques révèlent qu'il s'agit d'un polymère. Parallèlement, l'eau de culture colorée en bleu-vert par diffusion naturelle du pigment dans le milieu autorise le verdissement intensif d'huîtres en 10 heures, à une concentration optimale de 400 kg.m^{-3}.

---

(1) Cette communication est dédiée à la mémoire de Monsieur le Professeur A. MOYSE.

Si ces aspects plus appliqués des recherches peuvent apparaître séduisants à court terme, ils suscitent plutôt des connaissances fondamentales encore insuffisantes sur la biologie et la physiologie de la diatomée. C'est pourquoi, dans la recherche du déterminisme de production de la marennine par les cellules, l'étude de l'effet des facteurs de l'environnement sur le métabolisme de l'algue est actuellement entreprise. Ainsi, l'activité métabolique et la caractérisation des paramètres biochimiques *in vivo* liées aux conditions du milieu (température, salinité, éclairement, nature de la source en nutriments) et au stade de bleuissement des cellules, est abordée par analyse de l'activité estérasique d'échantillons placés dans des plaques de microtitration (C. Minier). La composition en lipides et acides gras est estimée dans des conditions variables d'environnement et par rapport au développement de la pigmentation bleue dans les cellules (C. Groth-Nard). L'effet des métaux-traces sur la croissance et le développement de la diatomée, est analysé par tests biologiques réalisés *in vitro*: il ressort par exemple d'une étude préalable que l'addition d'un mélange Fe + Mn stimule la croissance algale et permet d'atteindre des niveaux de biomasse supérieurs à ceux atteints dans les mêmes conditions trophiques mais sans apport de ces métaux (C. Moreau).

Le verdissement des huîtres en France constitue donc une spécificité historique de la région de Marennes-Oléron. Toutefois, les originalités métaboliques de l'algue (photomixotrophie pour l'azote, synthèse d'un pigment surnuméraire extraplastidial), responsables de cette spécificité, exigent encore plus de recherches fondamentales pour une meilleure connaissance biologique de cette diatomée si particulière.

Références

Les noms cités sont ceux d'étudiants de 3ème cycle travaillant au laboratoire sur les thèmes succinctement décrits.

MOREAU J., 1970 - Contribution aux recherches écologiques sur les claires a huîtres du bassin de Marennes-Oleron. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 34: 380-462.

NEUVILLE D., 1978 - *Les diatomées des claires ostréicoles. Contribution des techniques de culture in vitro à l'étude de leur biologie.* Thèse Doct. Etat, Univ. Poitiers, 279 p.

RANSON G., 1927 - L'absorption de matières organiques dissoutes par la surface extérieure du corps chez les animaux aquatiques. *Ann. Inst. Océanogr.*, 4: 49-174.

ROBERT J.-M., 1983 - *Fertilité des eaux des claires ostréicoles et verdissement. utilisation de l'azote par les Diatomées dominantes.* Thèse Doct. Etat, Univ. Nantes, 281 p. + annexes.

M. SALAZAR, A. RAMOS et M. MONROY (Universidad Autonoma Metropolitana-Iztapalapa, Depto. de Biotecnologia, Apdo. Postal 55-535. C.P. 09340. Mexico, D.F. Mexique. - Adresse actuelle: Laboratoire de Biologie Marine Fondamentale et Appliquée, Case 901, 13288 Marseille Cedex 9).

Utilisation des microalgues dans le traitement d'eaux résiduaires domestiques.

Les microalgues sont des organismes photosynthétiques, qui représentent un système très efficace pour la bioconversion de l'énergie solaire en molécules qui peuvent être utilisables. Actuellement les cultures de microalgues ont été utilisées dans le traitement des différents effluents de type industriel, agricole, domestique, etc., puisque ces déchets liquides sont en milieu adéquat qui permettent une bonne croissance due à la tolérance des microalgues pour des concentrations élevées de nourriture.

Le groupe de microbiologie de l'environnement de l'Université Autonome Métropolitaine à Mexico, a développé une usine semi-pilote de traitements

des eaux résiduaires. Dans ce travail on présente les résultats obtenus pour le traitement biologique en utilisant des microalgues de l'espèce *Chlorella pyrenoidosa* Chick. A la suite d'un bon développement des populations de microalgues (218×10^6 cel ml^{-1}) nous avons obtenu des pourcentages élevés de réduction pour le phosphate inorganique (40-70%), l'ammonium (40-80%), ce qui représente un avantage important dans le traitement des eaux pour en améliorer la qualité.

R. VALLS[1], L. PIOVETTI[2], A. ZERZOUF[3], L. SEMMAK[3] et G. PEIFFER[1]
(1. Université Aix-Marseille 3, Laboratoire des Organo-Phosphorés, 13397 Marseille. 2. Université de Toulon, Laboratoire de Recherche de Chimie Marine des Organo-Métalliques, 83957 La Garde. 3. E.N.S. Département de Chimie, Rabat, Maroc).

Variation des extraits éthérés: étude de *Bifurcaria bifurcata*.

Nous avons étudié l'extrait éthéré de *Bifurcaria bifurcata* Ross récolté sur les côtes atlantiques marocaines de Rabat à Agadir de 1982 à 1986 (77 stations) et par la suite sur les côtes bretonnes de 1987 à 1991 (5 stations). Après la mise au point et la comparaison de techniques d'extraction, nous proposons un dosage des diterpènes par chromatographie liquide haute performance (C.L.H.P.) avec la méthode de l'étalonnage interne.

Nous avons mis en évidence l'existence de plusieurs types d'extraits contenant au total six diterpènes linéaires. On constate que l'extrait éthéré présente une variation qui n'est pas de type saisonnier mais géographique, c'est-à-dire que la composition est stable sur des zones géographiques plus ou moins larges. Sans apporter une explication exhaustive aux causes de cette variation on peut penser que la somme de tous les phénomènes climatiques et hydrologiques conduit à une succession de zones le long de la côte marocaine. Comme *B. bifurcata* est présent sur tout le littoral il est amené à s'adapter et on peut supposer que la fraction diterpénique est le reflet de cette adaptation.

Ce phénomène de variation est généralisé et appliqué au genre *Cystoseira*. En effet celui-ci a été très étudié et montre des variations de la composition soit de type saisonnier ou géographique (*C. stricta* Sauvageau), soit lié à une différence de variété (*C. stricta* Sauvageau/*C. stricta* var. *amantacea* Giaccone), soit encore à une adaptation de l'algue à son environnement (*C. elegans* Sauvageau).

L'étude de la variation de la composition permet d'aborder la chimiotaxonomie et de proposer des groupes de *Cystoseira* semblables à ceux définis par les biologistes G. Giaccone ou M. Roberts, elle permet aussi de montrer l'existence d'espèces hybrides et enfin elle permet de penser que bien des composés sont encore à isoler et à identifier dans les *Cystoseira*.

OUVRAGES REÇUS POUR ANALYSE

KADLUBOWSKA J.Z., 1984 - **Conjugatophyceae I. Chlorophyta VIII. Zygnemales.** Süsswasserflora von Mitteleuropa Bd. 16, 532 p. 798 fig. Prix: DM 138.

L'auteur étudie 138 espèce de *Mougeotia*, 1 *Mougeotiopsis*, 16 *Temnogametum*, 10 *Debarya*, 139 *Zygnema*, 29 *Zygogonium*, 1 *Pleurodiscus*, 1 *Hallasia*, 43 *Zygnemopsis*, 386 *Spirogyra*, 16 *Sirogonium* et 4 *Sirocladium*. Clefs de détermination, diagnoses, répartition géographique, écologie, illustration très abondante (798 figures) font de ce volume une excellente mise au point complétée par une bonne bibliographie. Pour tous les algologues il constitue un très bon instrument de travail.

P. Bourrelly

CHRETIENNOT-DINET M.J. (avec la collaboration de Ch. Billard et A. Sournia), 1990 - **Atlas du phytoplancton marin, vol. 3., édit. du C.N.R.S.** 261 p. incl. 49 pl. Prix: 250 FF.

Ce volume est le troisième de la série dirigée par A. Sournia; le premier était consacré aux Cyanophycées, Dichtyochophycées, Dinophycées, Raphidophycées (Sournia, 1986), le deuxième aux Diatomophycées (Ricard M., 1987); celui-ci achève la revue du phytoplancton avec les dix embranchements: Chloranachniophycée, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Euastigmatophycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées et Tribophycées.

Pour chaque groupe un tableau permet l'identification générique. Une illustration très complète (523 dessins, microphotographie optique et électronique) donne une image pour chaque genre. Le volume se termine par un index récapitulatif des noms de genres des trois volumes. De plus une bibliographie très complète est indiquée à chaque genre. Un excellent ouvrage de travail indispensable à l'étude du phytoplancton marin, ouvrage qui fait honneur à Sournia et son équipe.

POPOVSKY J.K. et PFIESTER L.A., 1990 - **Dinophyceae (Dinoflagellida).** Süsswasserflora von Mitteleuropa Bd. 6, 272 p., 256 fig. Prix: DM 110.

Après une présentation du groupe des Dinophyceae très documentée de 80 pages sur la structure cellulaire, la morphologie, la reproduction, le cycle vital et l'écologie, les auteurs exposent la classification des Dinophycées en indiquant les familles renfermant des espèces d'eau douce. Chaque groupe est étudié avec soin: diagnoses, figures, clefs de détermination des espèces, écologie, répartition géographique. Ainsi sont décrits 28 espèces de *Gymnodinium*, 20 de *Peridinium*, 19 de *Peridiniopsis*. Une bibliographie très complète termine ce volume indispensable aux spécialistes du phytoplancton.

P. By

DILLARD G.E., 1991 - **Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 4. Chlorophyceae: Zygnematales: Desmidiaceae (Section 2).** Bibliotheca Phycologica, Bd. 89, 205 p. + 52 pl.

Dans ce volume l'auteur étudie 15 espèces d'*Actinotaenium*, 227 *Cosmarium*, 6 *Cosmocladium*, 1 *Oocardium*, 1 *Spinocosmarium*, 24 *Arthrodesmus* et 18 *Xanthidium*. Il n'accepte pas le genre *Staurodesmus* créé par Teiling. Il donne la clef de détermination par genres, espèces et variétés,

puis la diagnose, des figures originales et la distribution dans les régions S.E. des U.S.A.

P. By.

DILLARD G.E., 1991 - **Freshwater Algae of Southeastern United States. Part 5 - Chlorophyceae: Zygnematales: Desmidiaceae (Section 3).** Bibliotheca Phycologica, Bd 90, 155 p. + 37 pl.

Ce volume est consacré au genre *Staurastrum* avec 202 espèces, et une excellente iconographie. Un autre volume est prévu pour les Desmidiacées filamenteuses et les *Micrasterias*.

Les 3 premiers volumes de cette série ont été analysés dans *Cryptogamie, Algol.* 1990 (t. 11, p. 73) et 1991 (t. 12, p. 233). Nous avons là une série d'ouvrages fort utiles pour l'étude systématique des algues des régions tempérées et chaudes.

P. By.

COESEL P.M.F., 1991 - **De Desmidiaceeën van Nederland. 4. Fam. Desmidiaceae (2).** Konin. Nederl. Naturw. Ver. 202, 68 p. + 20 pl.

Ce fascicule étudie les 200 taxa du genre *Cosmarium* (150 sp.) des Pays Bas et est illustré de 20 planches. Clefs de détermination, diagnoses, écologie et répartition aux Pays Bas.

Trois autres opuscules ont précédé ce travail. 1) 1982 (K.N.N.V., 153: 32 p.), sur les familles des Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae. 2) 1983 (K.N.N.V. 157: 49 p.), sur la famille des Closteriaceae (52 sp. de *Closterium*). 3) 1985 (K.N.N.V. 170: 68 p.) sur la famille des Desmidiaceae (1) avec les genres *Actinotaenium, Docidium, Pleurotaenium, Tetmemorus, Euastrum, Micrasterias.* 4) 1991 (K.N.N.V. 202: 88 p.) pour le genre *Cosmarium* avec 150 espèces (200 taxa) et 2 comb. nov. L'ensemble est très bien illustré et constitue un excellent synopsis sur les Desmidiées.

P. By.

ooOoo

ANNOUNCEMENT

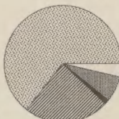
STAZIONE ZOOLOGICA DI NAPOLI

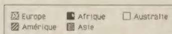
Seagrasses: from the molecule to the ecosystem. Eco-physiology and molecular biology of seagrasses. *A practical and theoretical course for graduate and post-doctoral students.* Benthos Ecology Laboratory, SZN, Ischia (Bay of Naples), Italy. 24 August-20 September 1992.
Course Directors: R.S. Alberte (*University of Chicago, USA*) & L. Mazzella (*Stazione Zoologica di Napoli, Italy*)
Sponsored by: Stazione Zoologica di Napoli
Registration fee: Lire 1,100,000, which includes meals and accomodation.
Information: Jean Gilder Congressi snc, via G. Quagliariello 35/E, I-80131 Napoli, Italy. Tel: +39 81 546 3779/545 4617: Fax: +39 81 546 3781.

Commission paritaire 16-1-1986 - N° 58611 - Dépôt légal 2e trimestre 1992 - Imprimerie F. Paillart
Sortie des presses le 30 mai 1992 - Imprimé en France
Éditeur : A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames)
Président : R. Baudoin ; Secrétaire : D. Lamy
Trésorier : J. Dupont ; Directeur de la publication : H. Causse

CRYPTOGAMIE

Diffusion de CRYPTOGAMIE





LE PÉRIODIQUE FRANÇAIS CONSACRÉ A LA CRYPTOGAMIE

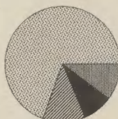
CRYPTOGAMIE est un périodique édité par l'A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames), dont le siège est au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle. Les chercheurs de tous pays y publient leurs travaux en français, allemand, anglais, espagnol et italien, après accord des Comités de Lecture constitués de spécialistes de réputation internationale.

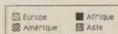
CRYPTOGAMIE propose trois sections:

Cryptogamie, Algologie
Cryptogamie, Mycologie
Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie

Chaque section publie 4 numéros par an (tirage: 450 exemplaires).

Origine des 453 articles publiés de 1986 à 1991





THE FRENCH JOURNAL DEVOTED TO CRYPTOGAMY

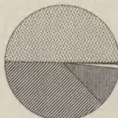
CRYPTOGAMIE is a periodical published by A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames), settled at Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle. Research workers from the whole world publish their papers in French, German, English, Spanish and Italian, after acceptation by a selection commettee that comprises experts of international renown.

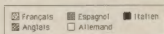
CRYPTOGAMIE offers to its subscribers three sections:

Cryptogamie, Algologie
Cryptogamie, Mycologie
Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie

Each section publishes 4 numbers a year (printing: 450 ex.).

Répartition des articles publiés de 1986 à 1991 selon la langue





SOMMAIRE

Cryptogamie, Algologie, 13 (2): 79-156